

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA

RIESGO HIGIÉNICO POR EXPOSICIÓN AL RUIDO EN LOS PROFESIONALES DE LA MÚSICA. FUENTES, DAÑOS Y CONTROL DE LA EXPOSICIÓN

Autor: José María Labarga Navarro

**Tutores: María José Gil Idoate
 Alfonso Cornejo Ibergallartu**

21/06/2013

TRABAJO FIN DE MÁSTER

ÍNDICE

1.- Introducción	3
2.- Objetivos	5
3.- Conceptos previos.....	7
3.1.- Características físicas del sonido.....	7
3.2.- Fisiología del oído y patologías.....	16
4.- Marco normativo.....	21
4.1.- Concurrencia de empresas, Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.....	22
5.- Consideraciones para la medición del nivel sonoro	25
5.1.- Factores que influyen en la lesión auditiva producida por ruido	25
5.2.- Definiciones	26
5.3.- Evaluación del riesgo.....	28
6.- Estrategia de medición	31
6.1.- Instrumentos de medición	31
6.2.- Selección del valor de referencia	31
6.3.- Estrategias de medición.....	32
7.- Medidas preventivas.....	35
7.1.- Información y formación.....	35
7.2.- Gradass.....	35
7.3.- Pantallas acústicas	36
7.4.- Medidas de control en el escenario.....	37
7.5.- Monitorización en el escenario.....	38
7.6.- Pruebas de sonido y planificación.....	39
7.7.- Monitores intra-auditivos (in-ear monitors, o iem).....	40
7.8.- Ensayos.....	41
7.9.- Requisitos de la protección auditiva	42
7.10.- Tipos de protectores auditivos	43
8.- Vigilancia de la salud.....	51
8.1.- Protocolo sanitario específico. ruido.....	51
8.2.- Audiometría	52
8.3.- Conducta a seguir.....	54
9.- El sector de la música.....	55
9.1.- Dificultades al estimar la exposición.....	56
9.2.- Dificultades para implantar medidas correctoras.....	57
10.- Caso práctico.....	61
10.1.- Resultados de la medición	63
10.2.- Valoración de los resultados	65
10.3.- Medidas preventivas propuestas.....	66
11.- Conclusiones	69
12.- Bibliografía.....	71

1.- INTRODUCCIÓN

El ruido es un contaminante de primer orden. El ruido causado por el tráfico, las actividades industriales y las derivadas del ocio constituye uno de los grandes problemas medioambientales de los países desarrollados. Desde mediados del siglo XIX y de forma progresiva, la sociedad evoluciona hacia un modelo en el que la presencia del ruido en el medio crece de manera paralela al bienestar. Cada día, miles de trabajadores se exponen a ruido en su lugar de trabajo y a los riesgos que de él se derivan. Aunque parece un problema obvio en el sector industrial o en la construcción, también puede convertirse en un inconveniente en otros ambientes laborales como bares, discotecas, escuelas o locutorios telefónicos.

De hecho el ruido es uno de los riesgos laborales más extendidos y peor atendidos en la actividad preventiva derivada de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. El hecho de que el daño que produce el ruido aparece de forma lenta y progresiva no ayuda a su identificación en la salud de los trabajadores a corto plazo. Además, existe un estigma social respecto de la sordera que afecta al reconocimiento del daño ya sufrido por parte de los trabajadores. De hecho uno de cada cinco trabajadores en Europa tiene que elevar el volumen de su voz la mitad del tiempo que permanece en su lugar de trabajo, y aproximadamente el 7% sufre dificultades auditivas, siendo la pérdida auditiva relacionada con el trabajo la enfermedad común más frecuentemente declarada en la Unión Europea.

La exposición al ruido provoca daños en el oído: Produce pérdida de capacidad auditiva, sordera, pitidos en los oídos, trauma acústico y shock acústico. También contribuye a otros problemas de salud, circulatorios, digestivos, hipertensión y estrés. Además dificulta la concentración e impide la comunicación en los lugares de trabajo, pudiendo afectar a la seguridad al aumentar la probabilidad de cometer errores o impedir la percepción de señales auditivas de alarma. El uso de protectores auditivos podría ser un factor que incremente el riesgo del trabajador de sufrir accidentes.

La inacción empresarial ante la prevención en este campo puede explicarse por el elevado coste de las medidas necesarias, resultando más caro en muchas ocasiones reducir el nivel de ruido ya existente que evitarlo desde el principio con una buena planificación. Aun así, muchas soluciones de control del ruido son sencillas y pueden resultar económicas.

No existen datos fiables sobre el impacto económico de la pérdida auditiva. Algunas estimaciones ofrecidas por NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) reflejan unos costes aproximados de 288 millones de euros anuales derivados de la discapacidad generada por la pérdida auditiva, en la década de los 90, sin incluir los costes por la atención médica y personal. Se considera que estas cifras subestiman la verdadera magnitud de la pérdida auditiva como enfermedad laboral y representan únicamente la punta del iceberg del problema.

La Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo, estima que la pérdida auditiva como consecuencia del ruido tiene un coste anual de 160 millones de euros y supone la segunda causa más importante de gasto (tras la silicosis) en concepto de pensiones de discapacidad y rehabilitación.

El ruido al que se refieren en la mayoría de los trabajos que estudian el traumatismo acústico se define como un sonido desagradable, tanto por su intensidad como por sus características, y corresponde con el sonido o fenómeno acústico más o menos irregular, confuso y disarmónico, que se diferencia claramente de los sonidos musicales. Sin embargo, los sonidos musicales, aunque armónicos y regulares, pueden ser de gran intensidad, como se ha demostrado que ocurre en las orquestas sinfónicas.

Cabe pensar, por lo tanto, que los profesionales de la música sometidos durante años a sonidos de intensidad suficiente, teniendo en cuenta su susceptibilidad personal, el tiempo de dedicación y los fenómenos ambientales propios de los lugares de ensayo, pueden desarrollar un traumatismo acústico entre otros problemas de salud laboral. De ahí la necesidad del seguimiento de las recomendaciones especificadas en La Guía Técnica del Real Decreto 286/2006 respecto al código de conducta para sectores de la música y ocio.

2.- OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es el estudio de la incidencia del ruido como factor de riesgo higiénico en el colectivo de los músicos. Se estudiará el ruido como fenómeno físico, los efectos que el ruido puede causar en la salud de los trabajadores, los criterios higiénicos de valoración de la exposición, procedimientos de medida y métodos de control de la exposición. Se revisará la normativa vigente tanto nacional como europea, así como las recomendaciones de los organismos correspondientes para la salud laboral.

Para ello, se recopilará información existente en literatura específica, artículos y normativa sobre los distintos aspectos que permitan determinar las fuentes y los efectos del ruido y las posibles medidas preventivas.

Además, se expondrá un caso práctico en el que se realiza una medición in situ de la exposición al ruido en una banda de música amplificada para determinar de manera empírica los valores reales de ruido que soportan estos trabajadores. El método de medición utilizado está basado en las premisas del Real Decreto 286/2006 de 10 de marzo sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido como riesgo higiénico, su evaluación y control y las posibles medidas preventivas.

3.- CONCEPTOS PREVIOS

3.1.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SONIDO

Este capítulo tiene como finalidad proporcionar una serie de definiciones que permitan al lector comprender la naturaleza del sonido y entender las magnitudes que se manejarán en este trabajo.

Los sonidos musicales, al igual que cualquier otro tipo de ruido, no son sino ondas sonoras sujetas a las leyes de la teoría de ondas.

3.1.1.- LAS ONDAS¹

Se denomina **onda** al fenómeno de transmisión de energía de un punto a otro del espacio sin que exista transporte de materia.

Existen varios criterios de clasificación de las ondas. Uno de ellos es considerar la naturaleza del medio por el que se propagan. Conforme a él, se distinguen:

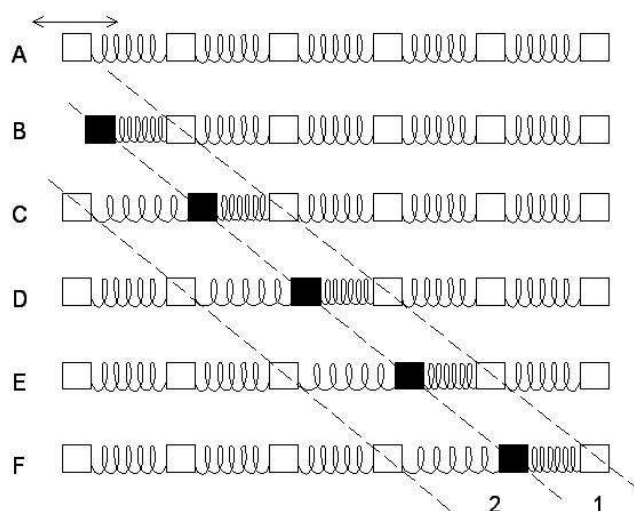
- Ondas materiales o mecánicas: Aquellas que se transmiten por un medio material, aprovechando su elasticidad. Tal es el caso de las vibraciones de una cuerda tensa, el sonido o las olas en el agua.
- Ondas electromagnéticas: Aquellas que no necesitan de un medio material, pudiendo propagarse por el vacío. Tal es el caso de la luz visible o las ondas de telefonía.

Un segundo criterio de clasificación de las ondas atiende a la dirección en que se produce la perturbación, en este caso se pueden distinguir:

- Ondas transversales: Aquellas en las que la dirección de las vibraciones del medio es perpendicular a la dirección de propagación de la onda. Tal es el caso de las olas en la superficie del agua, las vibraciones de la cuerda de una guitarra y todas las ondas electromagnéticas.
- Ondas longitudinales: Aquellas en las que la dirección de las vibraciones de las partículas del medio coinciden con la de la propagación. Tal es el caso del sonido.

En la figura 1 aparece un símil mecánico que permite imaginar cómo se produce una onda longitudinal; si se hace vibrar horizontalmente la primera masa, las restantes se mueven a su vez, oscilando hacia delante y hacia atrás, una tras otra, pudiendo ver así una onda que se desplaza a lo largo de la cadena de masas y muelles. El avance de la onda se traduce en una serie de compresiones o regiones donde las partículas del medio se aproximan entre sí en un momento dado y dilataciones o regiones donde las partículas se encuentran a mayores distancias en ese momento.

Figura 1. Modelo representativo de la propagación de una onda acústica. El movimiento del foco es reproducido exactamente por las demás partículas con un retardo proporcional a la distancia al primero.



En Física se define un **movimiento vibratorio armónico (m.v.a.) simple** como un movimiento periódico (*i.e.* las posiciones del móvil se repiten a intervalos regulares de tiempo) rectilíneo en el que el móvil se desplaza de uno a otro extremos de su trayectoria de forma que en todo momento su aceleración es proporcional al desplazamiento respecto del punto de simetría de la misma. En el caso del sonido, el móvil serían las partículas del medio por el que éste se propaga.

Considerando la proyección ortogonal (Figura 2) de un movimiento circular uniforme (m.c.u.) de radio A y velocidad angular constante sobre su diámetro horizontal, se puede concluir que el movimiento de la proyección sobre el diámetro se asemeja a un movimiento vibratorio armónico (m.v.a.) de trayectoria MN .

El movimiento ondulatorio es periódico. Dado que el movimiento de las partículas del medio es vibratorio armónico, las fases de las partículas se han de repetir cada cierto espacio.

Se definen ahora algunos términos:

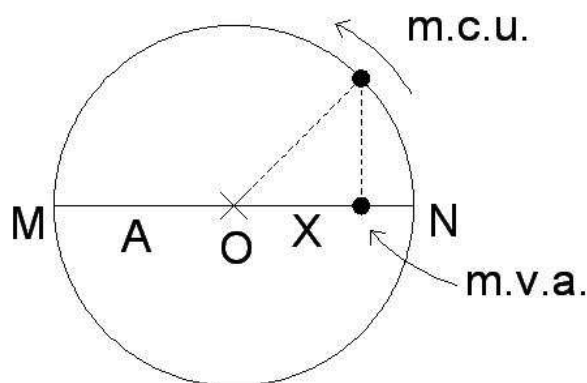
- X: *Elongación*: Distancia momentánea respecto del punto central.
- A: *Amplitud*: Máxima separación respecto del punto central.
- *Fase* de un punto vibrante en un instante dado es su estado de definido por la elongación, sentido y velocidad.
- *Frente de onda*: Conjunto de puntos vibrantes que tienen igual fase.

En los medios isotrópicos (aquellos en los que la onda se transmite con igual velocidad en cualquier dirección), son circulares o esféricos, según se trate de ondas planas o tridimensionales.

- *Longitud de onda* (λ): (m) Es la mínima distancia que separa dos puntos que tienen igual fase.

- *Periodo (T):* (s) Es el tiempo que invierte una partícula del medio en realizar una oscilación completa..
- *Frecuencia (v):* (Hz) Es el número de vibraciones que efectúa una partícula cualquiera del medio en la unidad de tiempo.

Figura 2. La proyección de un movimiento circular uniforme sobre uno de sus diámetros determina un movimiento vibratorio armónico.



Se sabe que la materia está formada por partículas extremadamente pequeñas (moléculas o átomos), cuyas uniones no son rígidas, de forma que las partículas pueden separarse o aproximarse sin que por ello la unión se rompa. Cuando dos partículas se separan, existe una fuerza de atracción entre ellas, por lo que tienden a recuperar su posición original. De la misma manera, si dos partículas se aproximan, éstas se repelen entre sí. El resultado es una distancia de equilibrio que se conoce como “longitud de enlace”.

Sobre las partículas de un medio material actúan fuerzas elásticas, de forma que si a una de ellas se le imprime un movimiento vibratorio, éste se transmite a las partículas vecinas a través de su enlace, obligándolas a vibrar con idéntica frecuencia, y éstas a las siguientes, y así sucesivamente. El movimiento individual de cada partícula constituye una vibración y el conjunto de todas ellas, vibrando simultáneamente, constituye la onda. De este modo, se pueden concebir las ondas materiales como la propagación de un movimiento vibratorio en el seno de un medio elástico, a través de sus partículas.

En el movimiento ondulatorio se propaga la energía, pero no las partículas que han recibido esa energía. Si el medio es homogéneo, la onda se propagará con la misma velocidad en cualquier dirección. Consecuentemente, si el medio elástico es lineal (una cuerda tensa) la perturbación se propagará de igual manera hacia la izquierda que hacia la derecha, formando una onda lineal. Si el medio es plano, como por ejemplo la superficie del agua, la onda se propagará en todas las direcciones del plano a partir del punto en que esté situado el foco, formando ondas circulares. Finalmente, si se considera un medio tridimensional, como puede ser el aire, la

perturbación en un punto se propagará en todas direcciones formando una onda esférica. A grandes distancias de un foco emisor, estas ondas esféricas pueden considerarse planas.

3.1.2.- LAS ONDAS COMO PORTADORAS DE ENERGÍA^{1,4}

Cuando una partícula del medio elástico en el que se propaga una onda material comienza a vibrar, adquiere cierta energía. Dicha energía será exclusivamente cinética cuando pase por el punto medio de su trayectoria, exclusivamente potencial cuando se encuentre en el extremo de su trayectoria, y de ambas clases en cualquier otro punto. La energía potencial que adquiere un cuerpo elástico al ser deformado es proporcional al cuadrado de su deformación. Aplicando ese mismo razonamiento al punto vibrante, se puede concluir que la energía vibracional que posee esa partícula debe ser proporcional al cuadrado de la amplitud del movimiento vibratorio que esté realizando. Esa es precisamente la energía que transmite la onda, por tanto se puede afirmar que la energía que transportan las ondas es proporcional al cuadrado de su amplitud.

Definiremos la **intensidad** de una onda en un punto determinado como la energía que durante un segundo pasa por la unidad de una superficie perpendicular a la dirección de propagación. Por tanto, sus unidades serán J/s m² o bien W/m², potencia media transportada por unidad de superficie.

La intensidad del sonido depende de la amplitud de las oscilaciones del cuerpo sonoro. Cuando se frota con el arco, o se tira con los dedos, de una cuerda de violín o guitarra, el sonido se va debilitando cada vez más a medida que el movimiento oscilatorio de la cuerda se va extinguiendo: Cuanto más fuerte es el frotamiento del arco y más amplias son las oscilaciones, mayor es la intensidad del sonido. Por tanto esta intensidad depende de la amplitud de las vibraciones que realizan las partículas del cuerpo sonoro.

En el caso de que se propaguen libremente en ondas esféricas, los sonidos van debilitándose a medida que aumenta la distancia recorrida, pues la energía del cuerpo ha de transmitirse a superficies cada vez mayores, que crecen según el cuadrado de sus radios; por lo tanto, la energía que llega a la unidad de superficie y, por consiguiente, la intensidad del sonido, varía en razón inversa al cuadrado de la distancia al cuerpo sonoro.

3.1.3.- VARIACIONES DE PRESIÓN EN UNA ONDA SONORA²

La recepción de una onda sonora por el oído ocasiona una vibración (con una frecuencia y amplitud determinadas) de las partículas de aire situadas delante del tímpano. Dicha vibración puede considerarse también como debida a las variaciones de presión del aire en el mismo punto debido a las compresiones y elongaciones en la materia.

La presión del aire se eleva sobre la presión atmosférica y después se hace inferior a ella siguiendo la misma ley que un movimiento armónico simple de la misma frecuencia que el del desplazamiento de una partícula del aire. El exceso máximo de presión sobre la atmosférica se denomina **amplitud de los cambios de presión** y puede demostrarse que es proporcional a la amplitud de la elongación (X) y también a la frecuencia. La presión sonora se mide en pascuales.

3.1.4.- NIVEL DE INTENSIDAD Y SONORIDAD^{2,3}

La intensidad de una onda sonora es una característica puramente objetiva o física. Sin embargo, si se escucha una onda sonora cuya intensidad va creciendo gradualmente, la sensación descrita como **sonoridad** aumenta también. El término sonoridad se utiliza para la sensación de cada individuo, y como tal no puede medirse con instrumentos físicos. Sin embargo, es posible establecer una escala numérica para evaluarla. La sonoridad es proporcional al logaritmo de la intensidad o al **nivel de intensidad**.

De este modo, aunque un incremento de la intensidad origina un incremento de la sensación sonora o sonoridad, este incremento no es proporcional al incremento de la intensidad. Un sonido de 10^{-6} W/m^2 no es percibido por el oído humano como cien veces más fuerte que otro de intensidad 10^{-8} W/m^2 .

El nivel de intensidad β se mide en decibelios (dB) y se define mediante la expresión:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Siendo I la intensidad del sonido, e I_0 un nivel de referencia, que escogeremos como el umbral de audición: $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

En esta escala, el umbral de audición tiene un valor de:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} = 0 \text{ dB}$$

y el umbral del dolor correspondería con una $I = 1 \text{ W/m}^2$ y un nivel de intensidad de:

$$\beta = 10 \log \frac{1}{10^{-12}} = 10 \log 10^{12} = 120 \text{ dB}$$

Así pues, el margen de intensidades de 10^{-12} W/m^2 a 1 W/m^2 corresponde a un intervalo de niveles de intensidad de 0 dB a 120 dB que coinciden con los umbrales de

audición y dolor respectivamente. En la tabla 1 se comparan valores correspondientes de nivel de intensidad de los sectores de la música y el ocio con ejemplos de otros sectores productivos

De manera análoga, La sonoridad en dB también puede expresarse como una función de la variación de la presión del aire (expresada en pascales, Pa)

$$L_p = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 \text{ (dB)}$$

Donde P_0 es el valor de referencia que para el sonido del aire es $2 \cdot 10^{-5}$ Pa y P es la presión del sonido.

Tabla 1. Comparación entre los niveles de intensidad de los sectores de la música y el ocio y los de otros sectores ¹⁰.

OTROS SECTORES	NIVEL DE INTENSIDAD (dB)	MÚSICA Y OCIO
Lijadora circular	90	Arpa (orquesta)
Tractor	96	Saxofón (orquesta)
Excavadora hidráulica	98	Flauta (orquesta) Disc-jockey (música amplificada interiores)
Llave de impacto	103	Camarero (música reproducida amplificada interiores)
Bulldozer	105	Batería (amplificada en directo interiores) Trompeta (orquesta)
Motosierra	110	Soprano (orquesta) Trompa (banda de música)
Martillo perforador	114	Trombón (orquesta)
Despegue avión	120	Bombo, Platillos (banda de música)

3.1.5.- EL OÍDO Y LA AUDICIÓN^{2,4,5}

Además de por la intensidad, el oído humano es capaz de distinguir los sonidos con arreglo a otras cualidades como:

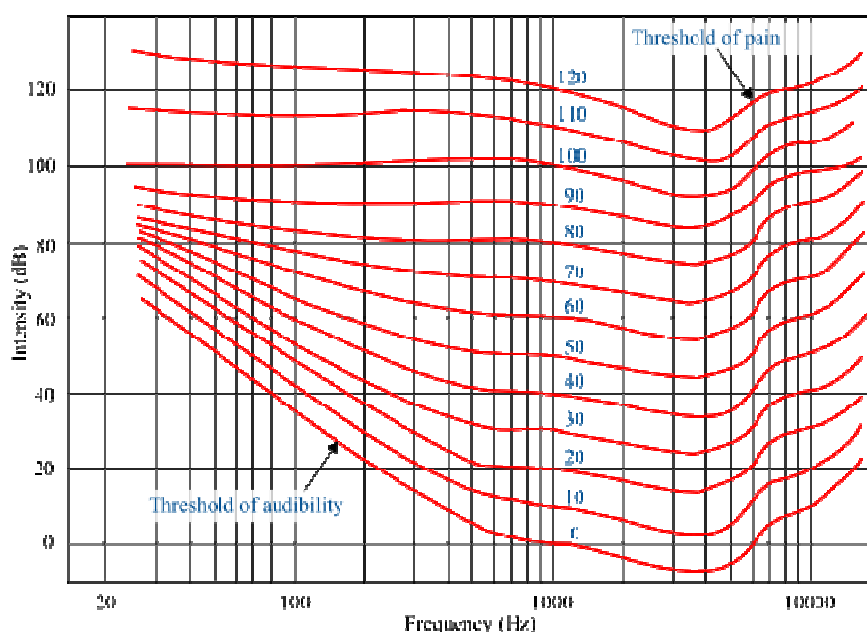
- El tono o altura del sonido, que depende de la frecuencia de las vibraciones del cuerpo sonoro. A mayor frecuencia, el sonido es más agudo, y a menor frecuencia es más grave.

- El timbre, característico de cada instrumento (en este caso de instrumentos musicales). Por ejemplo, las notas de un piano y de un violín pueden tener el mismo tono y la misma intensidad sin embargo, son distinguidas claramente por el oído. Esta cualidad de las notas musicales se llama timbre.

Las ondas que al llegar al oído dan origen a la sensación de sonido están comprendidas en un intervalo de frecuencias de 20 hasta 20.000 vibraciones por segundo (20 Hz - 20 KHz).

Para una persona con oído sano, este intervalo está representado por el diagrama de la figura 3.

Figura 3. Área de audición comprendida entre el umbral de audición y el umbral de la sensación desagradable o de dolor⁴.



La ordenada de la curva inferior representa el nivel de intensidad que corresponde al sonido más débil que puede percibirse con una cierta frecuencia. La curva muestra que el oído tiene una sensibilidad máxima para las frecuencias comprendidas entre 2.000 y 3.000 Hz, para las cuales el umbral de audición es aproximadamente -5 dB. La ordenada de la curva superior corresponde al nivel de intensidad del sonido más fuerte que puede percibirse a una frecuencia determinada. Para intensidades superiores a las señaladas por esta curva, denominada *umbral del dolor*, la sensación deja de ser de audición para convertirse en una sensación incómoda e incluso dolorosa. La ordenada de la curva superior es aproximadamente constante con un valor de unos 120 dB para todas las frecuencias.

Este rango es distinto entre individuos y varía con la edad y las características de cada sujeto. El rango habitual de los sonidos generados por la voz humana y otras fuentes naturales está comprendido entre 200 y 3.000 Hz.

3.1.6.- ADICIÓN DE NIVELES SONOROS ⁵

Al tratarse de una magnitud logarítmica, la intensidad del sonido expresada en dB no es directamente aditiva. Así, cuando es necesario determinar el nivel de ruido resultante al producirse de forma simultánea dos ruidos de nivel conocido, la presión sonora resultante viene dada por la expresión:

$$P_T^2 = \sum P_i^2$$

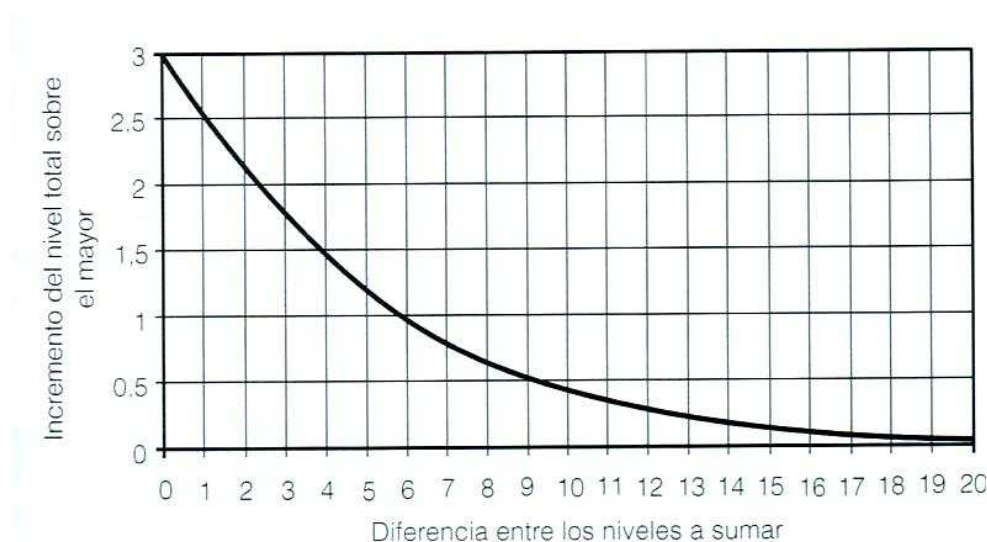
Siendo p_i la presión sonora de cada componente y p_T la presión sonora resultante. La ecuación puede escribirse en términos de nivel de presión sonora:

$$L_{pT}(dB) = 10 \log \sum 10^{L_{pi}/10}$$

Siendo L_{pT} el nivel sonoro resultante y L_{pi} los niveles sonoros de los componentes.

En función de la diferencia entre dos niveles sonoros a sumar, en la gráfica de la figura 4 se indica el número de decibelios que se deben sumar al nivel más elevado para obtener el nivel de ruido resultante.

Figura 4. Adición de niveles sonoros ⁵.



Por ejemplo, para dos ruidos de igual nivel de intensidad, han de sumarse 3dB. Por lo tanto, un incremento de 3dB equivale a doblar la intensidad de la onda.

3.1.7.- ESCALAS DE PONDERACIÓN^{5,6}

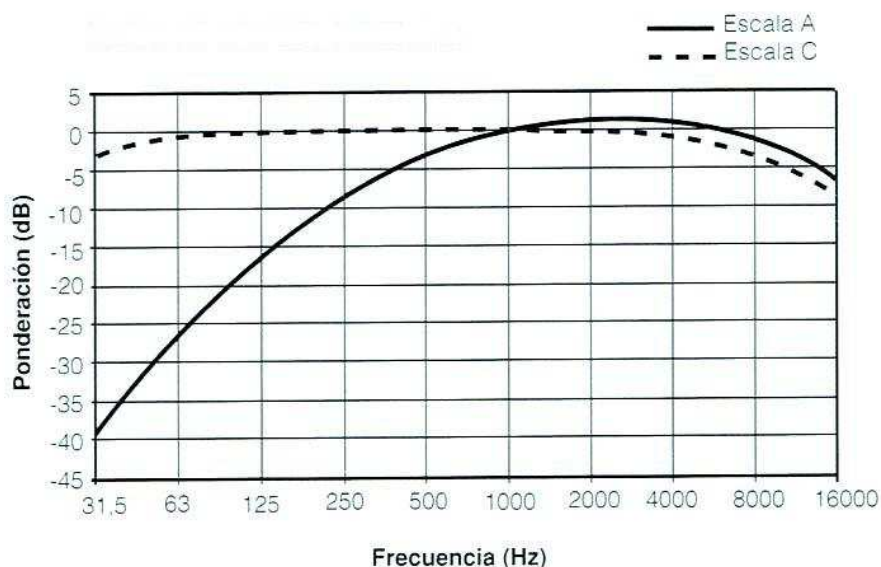
Como ya se ha indicado anteriormente, el nivel sonoro de un ruido, en términos de presión sonora, no se corresponde con la sensación de audición. Así, un ruido con componentes importantes de baja frecuencia tendrá una *sonoridad* (sensación) más baja que otro de frecuencias altas y mismo nivel de presión sonora.

Esta falta de linealidad en la respuesta del oído humano llevó a definir unas escalas de ponderación de la intensidad del sonido en función de su frecuencia. Dichas escalas se trasladan a los instrumentos de medida mediante unas redes electrónicas incorporadas en los instrumentos de medida que modifican la señal captada por el micrófono de forma similar a como lo hace el oído humano.

Existen diferentes escalas para diferentes usos, pero la denominada **escala A** es prácticamente la única que se usa, ya que se ha podido comprobar que los niveles sonoros medidos utilizando esta escala se correlacionan bastante bien con las pérdidas auditivas inducidas por ruido.

Frecuentemente los aparatos de medida disponen de otra escala, la **escala C**, que equivale en la práctica a la medida sin ponderación (lineal). Los valores de las escalas A y C se indican en la figura 5.

Figura 5. Escalas de ponderación⁵.



Cuando en una medición se utiliza una escala de ponderación, el nivel sonoro se llama **nivel de presión sonora con ponderación A**, el símbolo es L_A y la unidad es el dB(A).

La relación entre el nivel sonoro expresado en dB y en dB(A) depende de la característica tonal del ruido en cuestión. Así, en un ruido con predominio de frecuencias bajas, el nivel de presión sonora con ponderación A puede ser varios decibelios inferior al valor sin ponderación, mientras que si por el contrario predominan las frecuencias altas, el nivel de presión sonora ponderado A puede ser superior al

nivel sin ponderación. Así, dos ruidos con el mismo nivel de presión sonora en dB pueden tener distinto nivel de presión sonora con ponderación A si son diferentes sus espectros de frecuencias. En resumen, la ponderación A da un resultado comparable con la percepción humana, mientras que la medida sin ponderación es estrictamente física.

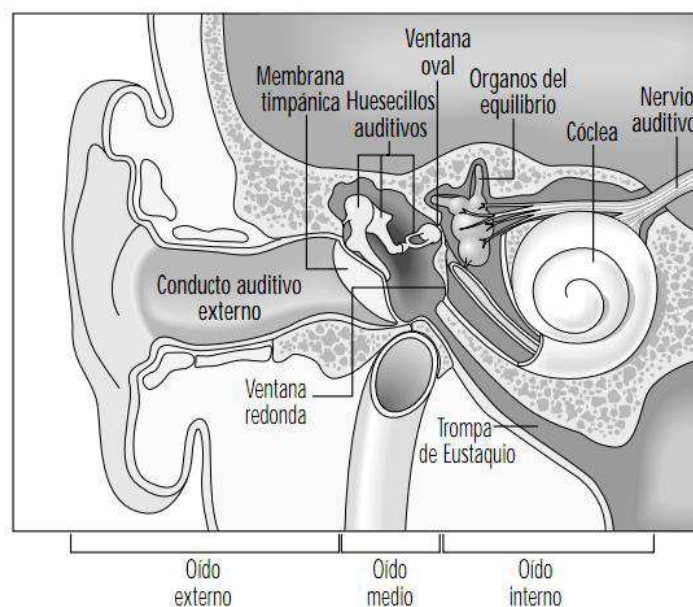
3.2.- FISIOLÓGÍA DEL OÍDO Y PATOLOGÍAS

Los daños auditivos afectan a la calidad de vida de cualquier persona, pero especialmente a la de los músicos, ya que éstos dependen de sus oídos para el desarrollo de su carrera profesional. En este punto se hará una breve descripción de la fisiología del oído así como de las principales patologías que pueden afectarle.

3.2.1.- ANATOMÍA DEL SISTEMA AUDITIVO ^{7,8}

El oído es un órgano sensorial alojado en el hueso temporal. El oído se divide en tres partes: Oído externo, medio e interno; el oído externo se sitúa fuera del cráneo, mientras que el oído medio y el oído interno se hallan dentro del hueso temporal (Figura 6).

Figura 6. Esquema del aparato auditivo ⁷



El **oído externo** está formado por el pabellón auricular y el conducto auditivo externo. El conducto auditivo externo constituye la entrada al oído medio y consiste en un cilindro de forma irregular de unos 25mm de largo que mantiene el aire húmedo y a la temperatura corporal, condicionantes para el buen funcionamiento de la membrana timpánica, que se encuentra en el extremo interior del canal auditivo. Las ondas

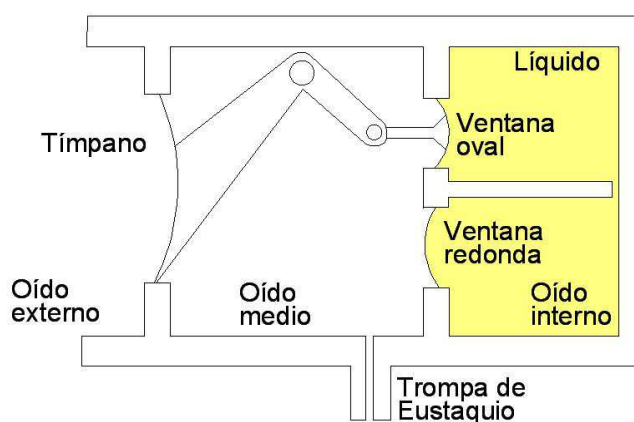
sonoras se encauzan a través del canal auditivo hacia el oído medio, impactando en el tímpano y haciéndolo vibrar.

El **oído medio** es una cavidad llena de aire, limitada por el tímpano a un lado y por la base de la *cóclea* o *caracol* al otro. Actúa como un amplificador, aumentando las vibraciones producidas en el tímpano a través de las uniones de éste con tres huesecillos unidos entre sí de forma articulada, denominados *martillo*, *yunque* y *estribo*. Uno de los extremos del martillo se encuentra adherido al tímpano y transmite las vibraciones al estribo a través del yunque. El estribo está unido por su base a las paredes de la *ventana oval*; ésta y la *ventana redonda* son las dos membranas que cierran la cóclea.

El oído medio se comunica con la nasofaringe a través de las Trompas de Eustaquio, manteniendo así el equilibrio de presión a ambos lados del tímpano.

La función del oído medio es acoplar eficientemente los movimientos del aire, de baja densidad, a la alta densidad del medio acuoso del oído interno. El estribo vibra en la ventana oval. Este huesecillo se encuentra en contacto con uno de los fluidos contenidos en el oído interno. El tímpano y la cadena de huesecillos actúan como un mecanismo para transmitir las vibraciones del aire al fluido (figura 7). Otra función del oído medio es proteger la estructura del oído interno de los movimientos excesivos mediante movimientos combinados de la cadena de huesecillos.

Figura 7. Esquema de la propagación del sonido a través del oído medio.



El **oído interno** es una cavidad hermética llena de un líquido llamado linfa que contiene el aparato sensorial propiamente dicho. Contiene los órganos del equilibrio y la *cóclea*, un conducto rígido en forma de espiral de unos 35mm de longitud. La cóclea consta de tres tubos adyacentes, llenos de líquido y separados entre sí por membranas. La rama vestibular y la rama timpánica contienen el mismo fluido (Perilinf). La rama media se encuentra aislada de las otras dos y contiene un líquido de distinta composición llamado *endolinf*.

La base del estribo, a través de la ventana oval, está en contacto con el fluido de la rama vestibular, mientras que la rama timpánica desemboca en la cavidad del oído medio a través de la ventana redonda, sellada por la membrana timpánica secundaria.

En el interior de la rampa basilar se encuentra el *Órgano de Corti*, que se extiende desde el vértice hasta la base de la cóclea y contiene las *células ciliares* que actúan como transductores de señales sonoras a impulsos nerviosos. Sobre las células ciliares se ubica la *membrana tectorial*, dentro de la cual se alojan las prolongaciones o cilios de las células ciliares externas. Las células ciliares son estimuladas al doblarse los cilios y generan impulsos en las terminaciones filamentosas del nervio auditivo que rodean las células ciliares.

Dependiendo de la posición de las células a lo largo del caracol, son sensibles a diferentes frecuencias. Las células más cercanas a la base captan las frecuencias bajas mientras que las situadas más cerca del vértice captan las frecuencias altas.

Durante la exposición a niveles acústicos elevados, el músculo del estribo se contrae para proteger al oído interno (reflejo de atenuación). Entre 250 y 4.000 Hz, el umbral del reflejo de atenuación supera en 80 dB al umbral de audición.

3.2.2.- FISIOPATOLOGÍA ⁷

Las principales patologías asociadas al funcionamiento fisiológico del oído son las siguientes:

Lesión ciliar: El movimiento ciliar inducido por los estímulos acústicos intensos puede superar la resistencia mecánica de los cilios y provocar la destrucción mecánica de las células ciliadas. Éstas son limitadas y no pueden regenerarse, así que la pérdida celular es permanente y progresiva, si la exposición al estímulo sonoro dañado continúa. El efecto último de la lesión ciliar es el desarrollo de un déficit auditivo.

Lesión celular: Si la exposición al ruido es reiterada y prolongada, puede afectar al metabolismo de las células del Órgano de Corti. Entre estos efectos se encuentran la modificación de la ultraestructura celular e hinchazón de las dendritas aferentes, debida a la acumulación tóxica de neurotransmisores como resultado de la actividad excesiva de las células ciliadas.

3.2.3.- PÉRDIDA DE AUDICIÓN INDUCIDA POR RUIDO ^{7,10}

La exposición aguda y/o prolongada al ruido puede provocar, además, las siguientes lesiones:

Lesión aguda inducida por ruido: Los efectos inmediatos de la exposición a estímulos sonoros de alta intensidad son la elevación del umbral de audición, la rotura del tímpano y la lesión traumática del oído medio e interno (luxación de los huesecillos, lesión coclear o fístulas).

Este tipo de daño, denominado trauma acústico, aparece con más frecuencia en ambientes relacionados con la música y el ocio que en entornos industriales, ya que en éstos últimos las fuentes de daño suelen estar más controladas.

Variación temporal del umbral: La exposición al ruido provoca un descenso de la sensibilidad de las células sensoriales auditivas proporcional a la duración e intensidad de la exposición. En los estadios más precoces, este aumento del umbral de audición, conocido como fatiga auditiva o variación temporal del umbral es reversible, pero persiste durante algún tiempo después de finalizar la exposición. La fatiga auditiva es función de la intensidad, duración, frecuencia y continuidad del estímulo. Por tanto, a una dosis determinada de ruido, los patrones de exposición intermitente son menos nocivos que los patrones continuos.

El trabajador que muestra una variación temporal del umbral se recupera hasta alcanzar los valores auditivos de partida a las pocas horas de cesar la exposición al ruido. Sin embargo, la exposición reiterada disminuye el grado de recuperación y produce una pérdida auditiva permanente.

Variación permanente del umbral: La exposición a estímulos sonoros de alta intensidad durante años puede provocar una pérdida auditiva permanente. Desde el punto de vista anatómico, la variación permanente del umbral se caracteriza por una degeneración de las células ciliadas, que comienza con alteraciones ligeras pero termina en una destrucción celular completa. Lo más común es que la pérdida auditiva afecte a las frecuencias a las que el oído es más sensible, porque en ellas la transmisión de la energía acústica al oído interno es óptima. Esto explica por qué la pérdida auditiva a 4.000 Hz es el primer signo de pérdida de audición. Se ha observado una interacción entre la intensidad del estímulo y la duración, y está aceptado que el grado de pérdida de audición es función de la energía acústica total recibida por el oído (dosis de ruido).

Los síntomas de la variación permanente del umbral auditivo aparecen progresivamente. Conforme la pérdida auditiva avanza, aparecen dificultades para seguir una conversación en entornos ruidosos. La progresión, que al principio suele afectar a la capacidad para percibir sonidos agudos, suele ser indolora y relativamente lenta.

3.2.3.1.- OTROS DAÑOS RELACIONADOS CON LA AUDICIÓN ^{9,10}

Además de la pérdida de capacidad auditiva, existen otros daños relacionados con el ruido que afectan a la audición. Entre ellos, cabe destacar:

Tinitus o acúfenos: Percepción de sonido en ausencia de una estimulación auditiva exterior (pitido o zumbido en los oídos). Normalmente son intermitentes, pero también pueden ser permanentes.

Reclutamiento: Reducción del rango dinámico de audición (distancia comprendida entre el umbral de audición y el umbral del dolor). Se alcanza el nivel de sensación dolorosa a menor intensidad que en sujetos normales.

Hiperacusia: Hipersensibilidad o intolerancia a los sonidos normales y naturales del ambiente.

Distorsión: Los sonidos se oyen pero con poca claridad.

Diploacusia: Sensación de oír un mismo tono como diferente en cada oído.

3.2.4.- ALTERACIÓN EN ÓRGANOS DISTINTOS A LA AUDICIÓN

La exposición al ruido tiene efectos en órganos diferentes a los de la audición. En la tabla 2 se enumeran algunos de los sistemas que pueden verse afectados y los efectos susceptibles de aparecer.

Tabla 2. Efectos del ruido a nivel sistémico⁹.

Sistema afectado	Efecto
Sistema Nervioso Central	Hiperreflexia y alteraciones en el electroencefalograma
Sistema Nervioso Autónomo	Dilatación pupilar
Aparato Cardiovascular	Alteraciones en la frecuencia cardíaca e hipertensión arterial aguda
Aparato Digestivo	Alteraciones en la secreción gastrointestinal
Sistema Endocrino	Aumento del cortisol y otros efectos hormonales
Aparato Respiratorio	Alteraciones del ritmo
Aparato Reproductor - Gestación	Alteraciones menstruales, bajo peso al nacer, prematuridad, riesgos auditivos en el feto
Órgano de la Visión	Estrechamiento del campo visual y problemas de acomodación
Aparato Vestibular	Vértigos y nistagmus

4.- MARCO NORMATIVO

Desde Abril de 2006, los valores límite establecidos en el Real Decreto 286/2006 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido son aplicables a todas las actividades en las que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a riesgos derivados del ruido como consecuencia de su trabajo, incluyendo las actividades relacionadas con la música. Sin embargo, este Real Decreto, que es una transposición de la Directiva Europea 2003/10/CEE, permitió a los sectores de la música y el ocio un período de transición de dos años. Esta excepción supone reconocer que el mundo de la música tiene características específicas, la principal de las cuales es el hecho de que el ruido se produce deliberadamente como objeto de negocio.

El Real Decreto 286/2006 encomendó al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) la elaboración y actualización de una guía técnica de carácter no vinculante para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de la exposición al ruido en los lugares de trabajo, que se publicó en el año 2009. Esta guía técnica no incluía recomendaciones prácticas respecto a la problemática específica del sector de la música, así que debía complementarse con un Código de conducta con orientaciones prácticas para ayudar a los trabajadores y empresarios de los sectores de la música y el ocio a cumplir sus obligaciones legales. Este código se publicó en 2011, tres años después de la entrada en vigor del Real Decreto en esos sectores. La normativa de aplicación vigente viene recogida en:

Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los EPI.

Real Decreto 1435/1992, por el que se dictan normas de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre máquinas. Modificado por RD 54/1995.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el reglamento de los servicios de prevención.

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

4.1.- CONCURRENCIA DE EMPRESAS, ARTÍCULO 24 DE LA LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES ¹²

De acuerdo con el artículo 4 del Real Decreto 286/2006, es obligación del empresario eliminar o reducir al nivel más bajo posible los riesgos derivados de la exposición al ruido.

Una de las características de las actividades relacionadas con la música y el ocio es la concurrencia de empresas, tanto principales como contratas y subcontratas.

Según el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, las empresas y/o trabajadores autónomos que realicen su actividad en un mismo centro de trabajo tienen la obligación de coordinarse.

El punto de partida para determinar el cumplimiento de las obligaciones legales de cada una de las empresas concurrentes es determinar con precisión las siguientes figuras:

Empresario titular: Persona que tiene la capacidad de poner a disposición y gestionar el centro de trabajo.

Empresario principal: El empresario que contrata o subcontrata con otras empresas o trabajadores autónomos la realización de obras o servicios correspondientes a su propia actividad y que se desarrollan en su propio centro de trabajo.

Empresas concurrentes: Las empresas que desarrollan su actividad en un mismo centro de trabajo, independientemente del tipo de actividad que desarrollen en ese centro.

Contrata/subcontrata: La persona física o jurídica que asume contractualmente ante el contratista el compromiso de realizar determinadas tareas.

Trabajador autónomo: Persona física que realiza de forma habitual, personal, directa, por cuenta propia y fuera del ámbito de dirección y organización de otra persona, una actividad económica o profesional a título lucrativo, den o no ocupación a trabajadores por cuenta ajena.

5.- CONSIDERACIONES PARA LA MEDICIÓN DEL NIVEL SONORO

En este apartado se describen someramente las consideraciones básicas para efectuar la medición del nivel sonoro.

5.1.- FACTORES QUE INFLUYEN EN LA LESIÓN AUDITIVA PRODUCIDA POR RUIDO ⁹

Los factores más relevantes para que se produzca una lesión auditiva producida por el ruido son:

Intensidad del ruido: El umbral de la nocividad del ruido se sitúa entre 85 y 90 dB(A). Cualquier ruido mayor de 90 dB (A), incluido el producido por la música, puede ser lesivo para el ser humano. Se considera peligrosa la permanencia en un ambiente ruidoso con un nivel diario equivalente superior a 80 dB(A) en la población trabajadora.

Frecuencia del ruido: Los sonidos más peligrosos son los de frecuencias superiores a 1.000 Hz. Las células ciliadas más susceptibles a la acción nociva del ruido son las encargadas de percibir las frecuencias entre 3.000 y 6.000 Hz, siendo la lesión de la zona de membrana basilar destinada a percibir los 4.000 Hz el primer signo de alarma.

Tiempo de exposición: el efecto adverso del ruido es proporcional a la duración de la exposición y está relacionado con la cantidad total de energía sonora que llega al oído interno.

Susceptibilidad individual: Algunos sujetos tienen mayor sensibilidad al ruido y tendrán un daño mayor y más rápido en su agudeza auditiva que el resto de la población.

Edad: En la parte media de la vida hay más posibilidades de lesión. Existe la posibilidad de que el efecto de la lesión se sume a la *presbiacusia* propia de la edad y sea este proceso degenerativo el que favorezca la aparición de la lesión acústica.

Naturaleza del ruido: La exposición intermitente es menos lesiva que la exposición continua. Los ruidos permanentes lesionan menos que los pulsados, a igualdad de intensidades, gracias a la amortiguación muscular que se produce en el oído medio.

5.2.- DEFINICIONES ¹¹

Se definirán a continuación los diferentes niveles existentes según el anexo I del Real Decreto 286/2006 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido:

- Nivel de presión acústica, L_p : Es el nivel, en decibelios, dado por la siguiente expresión:

$$L_p = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2$$

Donde P_0 es la presión de referencia ($2 \cdot 10^{-5}$ pascales) y P es la presión acústica, en pascales, a la que está expuesto el trabajador.

El nivel de presión acústica es una medida de la cantidad de energía asociada al ruido. La presión de referencia P_0 corresponde al umbral de audición humana, que por convenio se elige como $2 \cdot 10^{-5}$ pascales para medios gaseosos, mientras que el umbral del dolor está en 200 pascales. Con esta escala, el valor mínimo de la sensibilidad auditiva humana corresponde a un nivel de presión sonora de 0 dB y el umbral del dolor a 140 dB (frente a los 120 dB adoptados cuando se miden intensidades de sonido).

- Nivel de presión acústica ponderado A, L_{pA} : Valor del nivel de presión acústica, en decibelios A, determinado con el filtro de ponderación frecuencial A, dado por la siguiente expresión:

$$L_{pA} = 10 \log \left(\frac{P_A}{P_0} \right)^2$$

Donde P_A es la presión acústica ponderada A, en pascales.

Es una medida de la capacidad del ruido de dañar permanentemente el oído humano.

- Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, $L_{Aeq,T}$: El nivel, en decibelios A, dado por la expresión (1):

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 dt \right]$$

Donde $(t_2 - t_1)$ es el tiempo de exposición del trabajador al ruido y $P_A(t)$ es la función de la presión acústica frente al tiempo.

El nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A es el que tendría un ruido continuo que en el mismo tiempo de exposición transmitiera la misma energía que el ruido variable considerado.

- Nivel de exposición diaria equivalente, $L_{Aeq,d}$: El nivel, en dB(A), dado por la expresión (2):

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \frac{T}{8}$$

$$= 10 \log \left[\frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 dt \right] + 10 \log \frac{T}{8} = 10 \log \left[\left(\frac{T}{8} \right) \frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 dt \right]$$

Donde T es el tiempo de exposición al ruido, en horas/día. Se considerarán todos los ruidos existentes en el trabajo, incluidos los ruidos de impulsos. Si un trabajador está expuesto a “m” distintos tipos de ruido y se ha analizado cada uno de ellos separadamente, el nivel diario equivalente se calculará según la siguiente expresión (3):

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \sum_{i=1}^{i=m} 10^{0,1(L_{Aeq,d})_i} = 10 \log \frac{1}{8} \sum_{i=1}^{i=m} T_i \cdot 10^{0,1(L_{Aeq,T_i})}$$

Donde L_{Aeq,T_i} es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, correspondiente al tipo de ruido “i” al que el trabajador está expuesto T_i horas por día, y $(L_{Aeq,d})_i$ es el nivel diario equivalente que resultaría si sólo existiese dicho tipo de ruido.

- Nivel de exposición semanal equivalente $L_{Aeq,s}$: Es el nivel, en dB(A), dado por la expresión (4):

$$L_{Aeq,s} = 10 \log \frac{1}{5} \sum_{i=1}^m 10^{L_{Aeq,d_i}/10}$$

Donde m es el número de días a la semana en que el trabajador está expuesto al ruido y L_{Aeq,d_i} es el nivel de exposición diario equivalente correspondiente al día “i”. En las circunstancias que admite el artículo 5.3 del RD 286/2006, el valor de “m” será como máximo 7.

- Nivel de pico L_{pico} : Es el nivel, en dB, dado por la expresión:

$$L_{pico} = 10 \log \left(\frac{P_{pico}}{P_0} \right)^2$$

Donde P_{pico} es el valor máximo de la presión acústica instantánea (en pascales) a que está expuesto el trabajador, determinado con el filtro de ponderación frecuencial C, y P_0 es la presión de referencia ($2 \cdot 10^{-5}$ pascales).

5.3.- EVALUACIÓN DEL RIESGO ⁹

La evaluación de la exposición al riesgo deberá permitir la determinación del **nivel diario equivalente** y del **nivel de pico** que soporta cada persona en su puesto de trabajo, y comprenderá los siguientes puntos:

- 1.- La identificación de cada puesto de trabajo, con el tiempo de permanencia diario del operario en cada fase de los distintos niveles acústicos.
- 2.- La medición del nivel de presión acústica, con el objeto de posibilitar la toma de decisión sobre el tipo de actuación preventiva que deberá emprenderse.
- 3.- El resultado obtenido en cada puesto de trabajo, con las observaciones pertinentes.

La medición se realizará con instrumentos de medida apropiados a la clase de ruido a medir, según normas UNE-EN 60651:1996 “sonómetros” (actualizada y equivalente a norma CEI 651:1979) y UNE-EN 60804:1996 “sonómetros integradores-promediadores” (actualizada y equivalente a norma CEI 804:1985). Estos instrumentos de medida deberán ser verificados con un calibrador antes y después de cada medición.

Las mediciones se realizarán, siempre que sea posible, en ausencia del trabajador afectado, colocando el micrófono a la altura donde se encontraría su oído. Si la presencia del trabajador es necesaria, el micrófono se colocaría frente a su oído, y a 10 cm de distancia, siendo el número o duración de las mediciones el necesario para que resulten representativas. Es preferible utilizar un trípode para sujetar el instrumento o el micrófono. De no ser así, es preferible mantener el brazo extendido durante la medición.

Se deberán realizar evaluaciones en distintos momentos:

- Inicial. En el momento de la creación del puesto de trabajo.
- Adicionales, cada vez que se cree un nuevo puesto de trabajo o haya cambios significativos en los ya existentes, en lo que se refiere al nivel de exposición al ruido.
- Periódicas, cada 3 años en los puestos en los que el nivel diario equivalente supere los 80 dB(A), y anualmente cuando el nivel diario equivalente supere los 85 dB(A) o el nivel pico los 140 dB.

5.3.1.- VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS ¹¹

Si $L_{Aeq,d} - U \leq L_{ref} \leq L_{Aeq,d} + U$, siendo **U** la incertidumbre asociada a los resultados, no se puede extraer una conclusión respecto a la superación del valor de referencia. Debe repetirse o ampliarse el muestreo y conseguir mayor precisión. Se puede optar, a efectos de prevención, por considerar que se sobrepasa el valor de referencia (L_{ref}).

Si $L_{Aeq,d} + U \leq L_{ref}$, no se sobrepasa el nivel de referencia.

Si $L_{Aeq,d} - U > L_{ref}$, Se sobrepasa el valor de referencia.

5.3.2.- MEDICIÓN DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN DIARIO EQUIVALENTE ($L_{Aeq,d}$) ¹¹

Los sonómetros podrán emplearse únicamente para la medición del nivel de presión acústica ponderado A (L_{pA}) del ruido estable. La lectura promedio se considerará igual al nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ($L_{Aeq,T}$) de dicho ruido. El nivel de exposición diario equivalente ($L_{Aeq,d}$) se calculará con las expresiones dadas en el punto 5.2, “definiciones”.

Los sonómetros deberán ajustarse a las especificaciones de la norma UNE-EN 60651:1996 para los instrumentos de “clase 2”, disponiendo, al menos, de la característica “SLOW” y de la ponderación frecuencial A, o a las de cualquier versión posterior de dicha norma y misma clase.

5.3.3.- MEDICIÓN DEL NIVEL DE PICO (L_{pico}) ¹¹

Los sonómetros empleados para medir el nivel de pico o para determinar directamente si se sobrepasan los límites o niveles indicados en el artículo 4 del RD 386/2006 deberán disponer de los circuitos específicos adecuados para la medida de valores de pico. Deberán tener una constante de tiempo en el ascenso igual o inferior a 100 microsegundos, o ajustarse a las especificaciones establecidas para este tipo de medición en la norma UNE-EN 61672:2005 o versión posterior de la misma.

5.3.4.- VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN Y VALORES QUE DAN LUGAR A UNA ACCIÓN ¹¹

En el RD 286/2006 se fijan los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción. Esos son:

- Valores límite de exposición:

$$L_{Aeq,d} = 87 \text{ dB(A)} \text{ y } L_{pico} = 140 \text{ dB(C)}$$

- Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:

$$L_{Aeq,d} = 85 \text{ dB(A)} \text{ y } L_{pico} = 137 \text{ dB(C)}$$

- Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:

$$L_{Aeq,d} = 80 \text{ dB(A)} \text{ y } L_{pico} = 135 \text{ dB(C)}$$

Para las actividades en las que la exposición diaria al ruido varíe considerablemente de una jornada laboral a otra, a efectos de la aplicación de los valores límite y de los valores de exposición que dan lugar a una acción, podrá utilizarse el nivel de exposición semanal al ruido en lugar del nivel de exposición diaria al ruido para evaluar los niveles de ruido a los que los trabajadores están expuestos.

Cuando el parámetro medido se encuentre en el intervalo que comprende los valores de referencia (valores de exposición o límite) se puede asumir directamente que la exposición vulnera esos valores o bien disminuir la incertidumbre aumentando el número o calidad de las mediciones.

De acuerdo con el Artículo 11 del RD 286/2006, los trabajadores cuya exposición al ruido supere los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción tendrán derecho a que un médico, o una persona cualificada bajo la responsabilidad de un médico, lleve a cabo controles de su función auditiva. Los trabajadores cuya exposición supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, cuando la evaluación y la medición indiquen que existe riesgo para su salud, también tendrán derecho al control audiométrico preventivo.

6.- ESTRATEGIA DE MEDICIÓN¹¹

El objetivo básico de las mediciones es el de posibilitar la toma de decisiones sobre el tipo de actuaciones preventivas que deberán emprenderse. En el Real Decreto 286/2006 se ofrecen varios tipos de estrategia de medición para la obtención del nivel diario equivalente. Dicho valor debe servir de base para la comparación con los valores establecidos en el Real Decreto 286/2006.

Sin embargo, habitualmente se obtiene de la medición un intervalo de valores, determinado por la incertidumbre, en el que se encuentra con una cierta probabilidad el verdadero valor.

El valor de incertidumbre, que raramente es menor de 1 dB, es fruto de la combinación de las incertidumbres debidas a los instrumentos de medición, forma en que se ha medido, variación temporal de las condiciones de trabajo, etc.

6.1.- INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Los sonómetros y sonómetros integradores pueden colocarse en lugares fijos previamente establecidos o ser sostenidos por el técnico permaneciendo éste próximo al trabajador. Respecto a la posición del sonómetro durante la medición, se tendrá en cuenta el efecto del propio cuerpo del trabajador y el de la persona que realiza las mediciones.

La medición se realizará preferentemente en ausencia del trabajador y colocando el micrófono en el lugar que ocupa habitualmente aquél, a la altura de su cabeza.

6.2.- SELECCIÓN DEL VALOR DE REFERENCIA

Cuando la exposición al ruido varía sistemáticamente entre diferentes jornadas, se debería tomar como referencia el periodo semanal en lugar del diario. En estos casos se obtiene el nivel de exposición semanal equivalente, $L_{Aeq,s}$, que está dado por la ecuación (4):

$$L_{Aeq,s} = 10 \log \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m 10^{L_{Aeq,di}/10}$$

Donde m es el número de días a la semana en que el trabajador está expuesto al ruido y $L_{Aeq,di}$ es el nivel de exposición diario equivalente correspondiente al día "i". En las circunstancias que admite el artículo 5.3 del RD 286/2006, el valor de "m" será como máximo 7.

Cuando deba tomarse como referencia el período semanal se elegirá el valor de $L_{Aeq,s}$ más representativo de las condiciones de trabajo, pero si la variabilidad fuera

tan grande que existieran diferencias apreciables entre los valores de $L_{Aeq,s}$ correspondientes a distintas semanas, a los efectos de la adopción de las correspondientes medidas preventivas se tomará como referencia la semana en la que el valor de $L_{Aeq,s}$ sea más elevado, si se puede prever.

La información recabada incluirá las diferentes operaciones que se llevan a cabo durante la jornada, las fuentes de ruido existentes, la distribución del ruido por zonas de trabajo, el trabajo habitual y los episodios de ruido significativos.

6.3.- ESTRATEGIAS DE MEDICIÓN

En el Real Decreto 286/2006 se consideran tres estrategias diferenciadas: Las mediciones basadas en la operación o la tarea, las mediciones basadas en el trabajo y las mediciones de jornada completa.

En el caso práctico presentado se utilizó el método de la medición basada en la operación o la tarea.

6.3.1.- MEDICIONES BASADAS EN EL TRABAJO

Esta estrategia consiste en tomar muestras aleatoriamente durante el desarrollo del trabajo. La estrategia es apropiada cuando la jornada no puede dividirse en operaciones o no está clara dicha división. No es un sistema adecuado cuando hay episodios muy intensos y de corta duración.

6.3.2.- MEDICIONES DE JORNADA COMPLETA

Cubre la totalidad del tiempo de la jornada de trabajo. El valor que se obtiene es la media de lo que ha ocurrido. Recomendable para trabajos con movilidad del puesto y patrón de trabajo impredecible.

6.3.3.- MEDICIONES BASADAS EN LA OPERACIÓN O LA TAREA

La jornada de trabajo se divide en operaciones o tareas de duración conocida T . Dentro de cada operación el trabajo que se realiza debe ser similar y el nivel equivalente $L_{Aeq,T}$ correspondiente debe ser repetible y representativo de ella. Cuando las fuentes de ruido presentes en una operación son de gran intensidad, cobra gran importancia la exactitud de ese dato. Puede medirse la duración de la operación, por ejemplo tres veces y aceptar la media aritmética como el valor correcto.

Si la operación dura menos de 5 minutos, se debe medir durante toda la operación. Si la operación dura más, como mínimo debe medirse el $L_{Aeq,T}$ durante 5 minutos.

Cuando el ruido durante la operación es cíclico, la medición debe cubrir al menos tres ciclos enteros y en todo caso un número entero de ciclos.

Si en una operación el ruido fluctúa de forma aleatoria, el tiempo de medición debe ser el suficiente para que el resultado sea representativo del ruido existente durante la operación.

Sea cual sea el tipo de ruido, la medición debería repetirse tres veces para cada operación. Si los resultados de una misma operación difieren 3 dB o más, se optará por una de las siguientes acciones:

- Subdividir la operación en otras operaciones y proceder como se ha indicado anteriormente con cada nueva operación.
- Realizar otras tres mediciones como mínimo para la operación en cuestión.
- Realizar una nueva serie de mediciones alargando el tiempo de cada una de ellas hasta que la diferencia sea inferior a 3 dB.

El nivel equivalente diario se puede calcular a partir de la expresión (5):

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M 10^{L_{Aeq,d,m}/10} \right] \text{ dB(A)}$$

Donde $L_{Aeq,d,m}$ Es la contribución de cada operación al nivel equivalente diario.

7.- MEDIDAS PREVENTIVAS ¹²

Las medidas preventivas más importantes aplicables en el sector de la música son las siguientes:

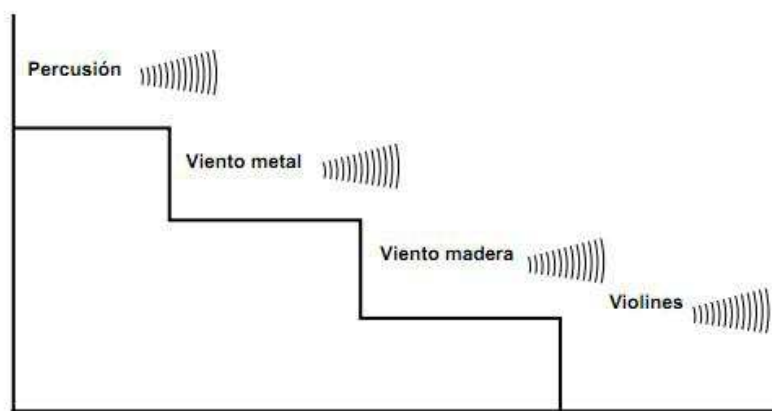
7.1.- INFORMACIÓN Y FORMACIÓN

Los músicos deben ser conscientes del riesgo de sufrir daños auditivos permanentes asociados al trabajo en ambientes muy ruidosos. Es necesario que se produzca un cambio en la actitud personal y el comportamiento colectivo ante el ruido. La comprensión de los riesgos asociados a los altos niveles sonoros debería formar parte de la educación de los intérpretes, de forma que las personas que lleguen al sector sepan cómo protegerse y se conviertan en parte activa de la prevención. Además de los músicos profesionales que están sometidos a vigilancia de la salud, existe un gran número de músicos aficionados, “no trabajadores”, también expuestos a grandes dosis de ruido sin que se les aplique ningún protocolo de vigilancia de la salud.

7.2.- GRADAS

Las **gradas** o **tarimas** son plataformas que se utilizan para elevar la posición de los músicos de forma que el sonido de sus instrumentos no se dirija directamente a los oídos de los músicos que se encuentran frente a ellos. Los bordes de las gradas deben señalizarse. El acceso debe ser seguro y adecuado. Se deben ubicar barandillas u otras protecciones para evitar que las personas, los instrumentos o los equipos caigan por el borde. Esta medida dependerá en gran medida del espacio disponible sobre el escenario para poder ser aplicada. En caso de espacios reducidos, se hace imposible su utilización.

Figura 8. Ejemplo de distribución en gradas¹²



7.3.- PANTALLAS ACÚSTICAS

Las pantallas de gran tamaño pueden ayudar a aislar las secciones de percusión, otros instrumentos ruidosos y los altavoces respecto del resto de los intérpretes. El efecto de la reflexión contribuye a que llegue una menor cantidad de sonido de un intérprete al resto, pero la persona que genera el sonido se ve expuesta a una mayor carga del mismo. Para minimizar este fenómeno manteniendo el efecto de insonorización, la pantalla ha de ser colocada tan alejada como sea posible de la fuente que se desea aislar. Además, las pantallas de gran tamaño pueden producir distorsión y hacer que resulte difícil para el intérprete oír otros instrumentos. Es por ello preferible utilizar un material absorbente acústico, y no un material reflectante cuando sea posible.

La disposición de los intérpretes y de las pantallas debe ser estudiada cuidadosamente para conseguir el efecto deseado sin generar problemas secundarios.

El tamaño y la altura de las pantallas deberían ser lo mayores posibles para que el efecto de insonorización no quede restringido sólo al sonido de alta frecuencia. Asimismo, el añadir elementos de absorción puede ayudar a controlar los niveles de sonido. Puede ser necesario incluir zonas de visión en las pantallas para posibilitar el contacto visual entre intérpretes, a menos que las propias pantallas sean transparentes (figura 9).

*Figura 9. Pantalla transparente para batería*¹²



Aunque si no se eligen bien las pantallas adecuadas y se planifica bien su colocación, el efecto estético podría ser muy negativo. De la misma manera que las tarimas, es necesario disponer de espacio suficiente para su uso.

7.4.- MEDIDAS DE CONTROL EN EL ESCENARIO

Unos niveles de ruido elevados en el escenario pueden poner en riesgo la calidad de la actuación y del sonido percibido por el público. El uso de monitores intra-auditivos (punto 7.7) puede mejorar significativamente la calidad global del sonido.

Probablemente la medida más sencilla y eficaz es reducir el volumen en los casos en que sea factible y por lo tanto la intensidad del sonido. Aunque esta medida es conocida por todo el mundo, a menudo se pasa por alto y se desprecia.

Se pueden sustituir los instrumentos y amplificadores por otros más silenciosos. Por ejemplo, en el caso estudiado se podría cambiar la batería acústica por una electrónica, que sólo se oye a través de los altavoces y no produce ruido “directo”.

Los amplificadores y altavoces de alta calidad que no distorsionan el sonido son preferibles a la utilización de sistemas de menor capacidad a mayor intensidad. La introducción de distorsión hace que la salida resulte menos inteligible, y conduce a aumentos en el nivel sonoro para intentar obtener claridad. El resultado puede ser una espiral de aumento de volumen, sin llegar a conseguir una monitorización clara.

Escoger la ubicación y el ángulo de los amplificadores de las guitarras de forma que el intérprete disponga de la mayor facilidad de escucha posible.

Podría utilizarse una caja de transporte de material para elevar la posición del amplificador. Esto podría reducir de forma significativa la exposición para otros intérpretes, ya que el volumen requerido para que el guitarrista se escuche es mucho menor si tiene la fuente a la altura de su cabeza lo que redunda en una reducción del ruido global en el escenario y mejora la claridad.

Aumentar la distancia, aislar o apantallar los instrumentos más ruidosos, cuando sea posible.

Adoptar tecnologías que eliminen la necesidad de utilizar amplificadores que generen sonidos fuertes en el escenario.

Esto puede conseguirse conectando los instrumentos a una mesa de mezclas en vez de conectarlos a amplificadores y después tomar el sonido que sale del amplificador con un micrófono. Además, se puede obtener un mayor control de los niveles en el escenario mediante la gestión de los niveles de los monitores, en lugar de esperar que los músicos compitan entre sí produciendo un aumento progresivo del volumen en el escenario.

Emplear tarimas para elevar los instrumentos especialmente ruidosos por encima de las cabezas de otros intérpretes.

Modificar la configuración de la batería para garantizar que los platos no se encuentren a la altura de los oídos de las personas. Sería preciso hacer pruebas subiendo o bajando los platos en función de sus necesidades para proteger el oído de las personas que se encuentren cerca de ellos. También se pueden colgar pequeñas tiras de tela de la tuerca central de cada plato.

Amortiguar las baterías para intentar reducir los niveles de ruido globales, sobre todo en los ensayos. Entre los métodos de amortiguación se incluyen:

- Pegar con cinta adhesiva pequeños trozos de tela u otros materiales absorbentes del sonido en el interior de los parches.
- Situar anillos de goma sobre los parches.
- Pegar con cinta adhesiva pequeños trozos de tela a los bordes, de forma que la tela quede situada de forma holgada sobre los parches.
- Rellenar el bombo con una almohada, toalla, manta u objeto parecido.

7.5.- MONITORIZACIÓN EN EL ESCENARIO

Los músicos tienen la necesidad de oír su propia interpretación y la de los otros intérpretes, y esto puede conducir a un ambiente excesivamente ruidoso y confuso en el escenario si no se planifica y gestiona correctamente

En un escenario ruidoso, la solución para conseguir un sonido más claro no es subir el volumen. Al contrario, se debería comenzar reduciendo el nivel global y realizando ajustes en el balance. Por ejemplo, alguien que solicite oír más la parte vocal en una mezcla, podría simplemente necesitar oír menos el resto de las partes, sobre todo si ese ruido procede de las mezclas de otros monitores.

Un sistema de monitorización con un buen balance debería permitir a todos los intérpretes oír lo que necesiten de manera adecuada, al mismo tiempo que se mantiene un ambiente de trabajo aceptable para el resto de personas que se encuentren en el escenario. Esto requiere tiempo y planificación, así como un técnico de monitores habilidoso que entienda las necesidades de los músicos. Hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Si el ruido se dispersa en exceso, resulta difícil que cada intérprete oiga lo que realmente necesita. Los altavoces deben ubicarse de manera que consigan unos niveles de escucha efectivos para los intérpretes sin generar una dispersión excesiva del ruido.
- La distribución de los intérpretes en el escenario puede afectar a los niveles de exposición asociados a la dispersión del sonido que sufren los músicos. Una buena planificación de la distribución del escenario puede evitar que se produzca una “competición de ruido” entre las mezclas de los monitores y otras fuentes de ruido. Esta distribución está condicionada por las dimensiones de cada escenario, que puede variar de una actuación a otra.
- Los técnicos de monitores deberían utilizar sus equipos de forma correcta y segura. Esto implica:

No permitir que existan niveles de sonido demasiado elevados en el escenario.

Preparar el sistema de forma que se ubiquen los equipos adecuados en el lugar correcto.

- Todas las pruebas de sonido deberían realizarse con la presencia del menor número posible de personas.

La forma más eficaz de evitar la dispersión del sonido de los monitores puede ser el uso de **monitores de auricular** o **monitores intra-auditivos**. Estos monitores permiten un ambiente muy silencioso en el escenario, con los beneficios que esto implica para el resto de los trabajadores. Los monitores intra-auditivos presentan ventajas como su claridad, capacidad de control y comodidad.

Los monitores intra-auditivos no tienen la consideración de protección auditiva individual, aunque pueden proporcionar alguna protección frente al ruido externo. El código de conducta con orientaciones prácticas para el cumplimiento del Real Decreto 286/2006 en los sectores de la música y el ocio recomienda el uso de limitadores en estos monitores.

Se pueden obtener beneficios similares utilizando pequeños **monitores personales** que pueden ubicarse cerca de un intérprete, en vez de monitores de cuña convencionales situados a una distancia de éste. Son especialmente eficaces para artistas estáticos, como intérpretes de teclado.

7.6.- PRUEBAS DE SONIDO Y PLANIFICACIÓN

Las pruebas de sonido son una parte fundamental en la preparación del evento, pero también constituyen un mecanismo por el cual los técnicos y los intérpretes reciben una exposición adicional a ruidos intensos, sobre todo si las pruebas no se gestionan correctamente. Resulta esencial limitar tanto la duración como el volumen de las pruebas de sonido. También conviene limitar el personal que no resulte básico en el escenario durante la prueba. Idealmente sería comprobar cada uno de los instrumentos por separado a un volumen apropiado y, a continuación, interpretar una pieza en conjunto al nivel máximo del concierto. Una prueba de sonido a los niveles máximos del concierto debería ser necesaria únicamente para establecer el balance de los niveles sonoros, pero no para los ensayos o las pruebas de última hora.

El personal únicamente debe encontrarse en las inmediaciones del escenario durante períodos ruidosos si su trabajo lo requiere específicamente. El escenario no debe utilizarse como un mirador o zona de descanso para el personal fuera de servicio. Se trata de un entorno de alto riesgo y el acceso al mismo debe controlarse.

A la hora de planificar un espectáculo o una gira completa, hay que tener en cuenta dónde tendrá lugar y quién se verá afectado por la exposición al ruido. El trabajo debe organizarse de forma que garantice que las dosis individuales de ruido se

mantengan tan bajas como sea posible. Esto podría conseguirse de las siguientes maneras:

- Alternando actividades con niveles sonoros altos y bajos.
 - Asegurando que el personal efectúa pausas y realiza descansos lejos de zonas con ruidos fuertes.
 - Rotando el personal para limitar el tiempo de exposición.
 - Limitando cualquier música grabada a unos niveles predeterminados.
- Se debería mantener el nivel de la música grabada tan bajo como fuera posible, sobre todo entre actuaciones, para reducir la exposición global.

7.7.- MONITORES INTRA-AUDITIVOS (IN-EAR MONITORS, O IEM)

Los IEM son básicamente tapones con altavoces en miniatura integrados. Los IEM reciben una señal de sonido procedente de un transmisor-receptor inalámbrico en los tapones moldeados a medida con la forma de los conductos auditivos externos del usuario. Estos dispositivos son muy útiles tanto para reducir la exposición al ruido durante actuaciones musicales en directo, como para efectuar una monitorización personalizada.

Los IEM de menor coste pueden utilizar auriculares convencionales en lugar de tapones personalizados. Éstos no deberían utilizarse como protección auditiva individual, ya que no se ajustan perfectamente y dejan entrar una mayor cantidad de sonido del exterior, lo que conduce a que el nivel de volumen de los monitores sea más alto y no más bajo.

Se garantizará que los IEM proporcionan protección auditiva respecto a los ruidos ambientales, así como limitación del ruido para la señal recibida procedente del sistema de comunicaciones.

Es importante formar a los usuarios sobre la forma de utilizar los IEM para evitar que los potenciales beneficios se conviertan en peligros, por ejemplo manteniendo el volumen a un nivel razonablemente bajo.

Estos sistemas requieren una planificación, una preparación y una inversión moderada, pero, si se usan eficazmente, las ventajas superan claramente a los costes.

Las **ventajas** de los monitores intra-auditivos son las siguientes:

- Ayudan a conseguir un ambiente muy silencioso en el escenario, con las ventajas añadidas de su claridad, capacidad de control y comodidad.
- Los tapones personalizados ofrecen protección frente a los sonidos de fondo no deseados.
- El transmisor-receptor fijado a la cintura envía señales directas a los oídos, eliminando la necesidad de disponer de monitores de escenario y reduciendo los niveles sonoros en el escenario.
- Los transmisores-receptores inalámbricos proporcionan libertad de movimientos

Las **desventajas** de los monitores intra-auditivos son las siguientes:

- Tienen mayor coste que los auriculares.
- La formación resulta fundamental.
- Pueden resultar peligrosos, a menos que se encuentren limitados.
- Pueden ser incompatibles con algunos trastornos médicos.

7.8.- ENSAYOS

Se debe llevar a cabo una evaluación de riesgos asociados al ruido y tomar las medidas necesarias para garantizar que la exposición al ruido se reduzca todo lo posible durante los calentamientos y ensayos. Es importante que los músicos puedan oír claramente al resto de personas sin necesidad de que la intensidad sea excesivamente elevada. Existen diferentes alternativas para conseguirlo:

Uso de un lugar adecuado: Es conveniente utilizar un local adecuado para ensayar. Si es posible, una sala o espacio diseñados al efecto o con tratamiento acústico. Si esto no fuese posible, se debe tener en cuenta que cuanto mayores sean las dimensiones del local utilizado, más se reduce la exposición al ruido. Un defecto muy común de los locales de ensayo es que son espacios físicos reducidos con techos bajos. Los locales con techos bajos y paredes paralelas reflectantes provocan ruidos excesivos. El código de conducta con orientaciones prácticas para el cumplimiento del RD 286/2006 en los sectores de la música y el ocio recomienda utilizar espacios con una altura del techo de 7m como mínimo y aumentar la separación entre intérpretes respecto a la existente en los espacios para actuaciones (intentar que cada persona disponga como mínimo de 17 m²). Esto puede bastar para conseguir un espacio en el que se puedan mantener unos niveles aceptables de ruido.

Una parte importante de la exposición durante los ensayos se da fuera del horario laboral. Se trata de ensayos realizados en el propio domicilio del músico, audiciones y clases. Normalmente este tipo de ensayos se llevan a cabo en habitaciones poco adecuadas.

Mezcla de repertorios: Durante los ensayos se debería planificar un repertorio que combine música de diferentes intensidades. Los instrumentos o pasajes ruidosos deberían repartirse en distintos ensayos.

Niveles de ensayo más silenciosos: Se debe intentar ensayar empleando niveles globales lo más silenciosos posible, a menos que el grupo esté intentando conseguir una mezcla adecuada en el espacio donde tendrá lugar la actuación (prueba de sonido). En todo caso, se debe limitar el tiempo al estrictamente necesario para encontrar dicha mezcla y poder volver a un nivel de ensayo más silencioso. Cuando se repitan secciones para pulir defectos, los músicos deben intentar tocar de forma más silenciosa, excepto aquellos que sea imprescindible que se escuchen a alto volumen.

Descansos: La exposición al ruido puede inducir altos niveles de estrés en las personas. Conviene introducir descansos para que los músicos puedan autogestionar sus niveles de estrés, permitiéndoles abandonar el ensayo durante un breve período de tiempo si se sienten extremadamente estresados debido al ruido. Es importante que los músicos que no participen en el ensayo no estén presentes en el mismo.

Protección auditiva individual: Algunos intérpretes podrían encontrar difícil actuar utilizando protección auditiva individual pero podría resultarles cómodo utilizarla durante los ensayos. El uso de protección auditiva individual durante los ensayos puede ser especialmente útil si se deben ensayar repetidamente determinados pasajes de alta intensidad sonora.

Pantallas: Las pantallas únicamente deben utilizarse de acuerdo con lo determinado por la evaluación de riesgos asociados al ruido. Debe tenerse en cuenta la posición de cualquier pantalla existente en el caso de que se produzca una reestructuración del escenario o del espacio donde se realizará la actuación.

Consistencia: Si se ensaya en el espacio donde se realizará la actuación justo antes de la misma, los intérpretes deben colocarse en los lugares que ocuparán durante ésta, de forma que puedan aclimatarse a los sonidos que probablemente percibirán mientras actúen.

7.9.- REQUISITOS DE LA PROTECCIÓN AUDITIVA

La protección auditiva individual se debe utilizar cuando sea necesaria una protección suplementaria a la conseguida con el resto de métodos de control del ruido expuestos anteriormente y como solución a corto plazo mientras se buscan otras soluciones técnicas, organizativas o de ingeniería permanentes. No se debe utilizar como alternativa al control del ruido por medios técnicos y organizativos.

El Real Decreto 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con el ruido, establece como obligatorio el uso de protección individual para los empleados cuya exposición al ruido alcance alguno de los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción y para cualquier trabajador que trabaje en las zonas designadas al efecto (zonas de protección auditiva). En los casos en los que la exposición al ruido supere los valores inferiores pero no alcance los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, el empresario deberá proporcionar protección auditiva a cualquier trabajador que la solicite.

Para que sean eficaces, los protectores auditivos deben cumplir los siguientes requisitos:

- Controlar el riesgo: Deben reducir el nivel de ruido diario en el oído por debajo de 80 dB(A) y el nivel de pico por debajo de los 135 dB(A).

- Evitar la sobreprotección: Reducir excesivamente el ruido puede producir aislamiento o desconfianza a la hora de utilizar los protectores auditivos. Los músicos podrían compensar este efecto tocando más fuerte, con lo que aumentaría nuevamente el riesgo de daños auditivos. En general, no se debe reducir el nivel de ruido en el oído por debajo de los 65 dB(A) por medio de un protector auditivo.
- Ofrecer comodidad y ser apropiados para el ambiente de trabajo teniendo en cuenta factores como la comodidad, la higiene, si serán usados combinados con otro equipo de protección o la forma en la que se adapten a la actividad del usuario.
- Ser utilizados en los momentos adecuados (cuando exista un peligro asociado al ruido) y de manera apropiada, informando a los trabajadores de las condiciones de uso.
- Estar disponibles para todos aquellos que los necesiten y ser suministrados de forma activa por parte del empresario.
- Conservarse limpios y en buen estado, realizando un mantenimiento adecuado.

Las personas que utilicen protección auditiva deben ser capaces de oír cualquier señal acústica de seguridad o de aviso en todo momento, como son las alarmas de incendio, las alertas de evacuación, los vehículos que circulen marcha atrás, los anuncios del escenario, etc. En los casos en que surja alguna duda sobre la capacidad de un trabajador para oír dichas señales de advertencia, se deben proporcionar medios alternativos de comunicación, por ejemplo luces indicadoras. Es importante utilizar el tipo correcto de protector auditivo y utilizarlo siempre que la protección sea necesaria.

7.10.- TIPOS DE PROTECTORES AUDITIVOS

Para que un protector auditivo pueda ser considerado legalmente como un equipo de protección individual debe tener el marcado CE que demuestra el cumplimiento de unos requisitos mínimos de seguridad y salud para los trabajadores, establecidos por la reglamentación europea y nacional.

Los protectores auditivos pueden ser orejeras o tapones, existiendo una mayor gama de productos dentro de los tapones. Los protectores auditivos deben ir acompañados de una información para el usuario acerca de la forma de colocación o los valores medios de atenuación acústica, tanto global como en función de la frecuencia.

Los músicos y los técnicos de sonido necesitan oír los sonidos con la mínima distorsión o alteración del timbre posibles, sobre todo en el caso de las frecuencias más altas. Esto puede ocasionar problemas a la hora de utilizar la protección

individual debido a que los protectores auditivos tradicionales tienden a amortiguar las frecuencias más altas en mayor medida que las frecuencias más bajas. Por ejemplo, un tapón de espuma que atenúe el sonido 15 dB a la frecuencia de 125 Hz puede llegar a atenuar 35 dB a la frecuencia de 4.000 Hz.

Por ello se han desarrollado productos especializados que atenúan los niveles sonoros de manera prácticamente uniforme para un amplio rango de frecuencias, esto hace que el usuario perciba el sonido de forma mucho más natural que utilizando tapones convencionales. A estos productos se les llama protectores auditivos de atenuación “plana” o “uniforme” tanto en el caso de las orejeras como en el de los tapones. Este tipo de tapones ha demostrado ser útil también en los casos en los que existe una necesidad concreta de comunicación verbal.

7.10.1.- OREJERAS

Las orejeras son útiles para el personal que necesite protección para trabajar en zonas con niveles altos de sonido y que no les afecte que sean muy visibles.

Una orejera está compuesta por un arnés y dos casquetes de plástico rígido que cubren los oídos y que se adaptan a la cabeza por medio de unas almohadillas.

En la selección de las orejeras se deben tener en cuenta factores como la comodidad de uso y otros aspectos prácticos que ayuden a su correcta utilización. Entre los factores que influyen en el confort de una orejera se encuentran:

La presión de las almohadillas sobre la cabeza: Si éstas se ajustan bien no será necesaria una alta presión del arnés.

Un área de contacto suficientemente grande entre la almohadilla y la cabeza ayuda a reducir la presión de contacto, aunque hace aumentar la sudoración.

El peso: Cuanto más ligera sea, mejor, aunque la orejera debe tener un tamaño suficiente para que se ajuste a la talla del usuario.

Las **ventajas** de las orejeras son las siguientes:

- Económicas y fáciles de utilizar.
- Más fáciles de poner y quitar que los tapones.
- Suelen ofrecer una mayor comodidad que los tapones en ambientes fríos.
- Tienen un menor efecto de oclusión (no se bloquea la parte más externa del conducto auditivo) que los tapones moldeables.

Las **desventajas** son:

- Pesan más y causan más molestias que los tapones.
- Pueden ser incómodas en ambientes calurosos o húmedos.
- Pueden ser poco eficaces en personas que lleven gafas, pelo largo, barba o joyas.

Figura 10. Orejeras¹²



7.10.2.- TAPONES

Los tapones son protectores auditivos que se introducen en el conducto auditivo o se colocan de forma que tapan el conducto auditivo externo.

Las instrucciones que acompañan a los tapones deben dar información sobre su método de uso correcto, ya que el sellado que se produce entre el tapón y el oído es fundamental de cara a su eficacia. Los valores de atenuaciones acústicas que se suministran con los tapones son valores promedios, por lo que puede resultar adecuado aplicar algún coeficiente de seguridad.

Existe una amplia variedad de tapones en función de su aplicación última que se describen a continuación.

Los **tapones moldeables** permiten que el usuario les dé forma (reduciendo su diámetro con la mano) antes de introducirlos en el conducto auditivo. Algunos de estos productos son desechables. Los tapones moldeables son particularmente útiles para trabajadores para los que la calidad del sonido y la comunicación verbal no sean importantes y en situaciones imprevistas, como en caso de olvido o pérdida de otros tipos de protectores auditivos. Estos tapones son adecuados para trabajos en los que el usuario no necesite oír con fidelidad el sonido y no lo son para músicos o técnicos de sonido durante las actuaciones.

Las **ventajas** de los tapones moldeables desechables son las siguientes:

- Económicos y fáciles de usar.
- Menor tamaño que las orejeras.
- Más cómodos que las orejeras en ambientes con altas temperaturas.

Las **desventajas** de los tapones moldeables desechables son:

- Pueden interferir con la comunicación verbal.
- Requieren una colocación cuidadosa para conseguir una protección adecuada.

- Existe riesgo de infección si se manejan con las manos sucias.

Los **tapones premoldeados** tienen un diseño fijo, suelen ser forma cónica con varias pestañas flexibles para adaptarse al conducto auditivo del usuario. En ocasiones son reutilizables y precisan una limpieza periódica. Esta clase de tapones son particularmente útiles para músicos y vocalistas que deseen un tipo de tapón relativamente barato y con una atenuación relativamente uniforme para las prácticas y los ensayos, o trabajadores que deseen un tipo de tapón relativamente barato que no apague los sonidos de la voz ni otros sonidos de frecuencias más altas tanto como los tapones moldeables por el usuario.

Las **ventajas** de los tapones premoldeados son:

- Menor coste que los tapones personalizados.
- Fácil colocación de forma correcta.
- Mayor duración que los tapones moldeables reutilizables.

Las **desventajas** de los tapones premoldeados son:

- Mayor coste que los tapones moldeables por el usuario.
- Hay que tener en cuenta la talla del conducto auditivo del usuario.
- Los modelos con atenuación uniforme no consiguen una atenuación tan “plana” como los tapones personalizados con atenuación uniforme.

Existen también **tapones personalizados** en los que el tapón de cada oído debe ser moldeado de acuerdo con la forma del conducto auditivo del usuario. Normalmente son de silicona y los fabrica un laboratorio que actúa como proveedor de los audiólogos o de centros médicos relacionados con la audición.

Hay modelos que tienen en cada tapón un pequeño conducto con un sistema de ventilación regulable o que se encuentra sellado con un **filtro** que permite ajustar la atenuación de frecuencias a las necesidades específicas del usuario. Por ejemplo, existen filtros que reducen el nivel de ruido global en 9, 15 y 25 dB. Estos tapones son útiles para músicos que toquen sus instrumentos o se sitúen cerca de instrumentos que generan sonidos de altas frecuencias, músicos que trabajen con sonido amplificado y todo aquel que necesite reducir el sonido con una mínima distorsión o alteración del timbre.

Las **ventajas** de los tapones personalizados con filtros son las siguientes:

- Se puede conseguir una atenuación uniforme de frecuencias hasta los 6.000 Hz.
- Se puede llegar a ajustar la atenuación a las frecuencias altas.
- Los hay de color carne y son poco visibles.

Las **desventajas** de los tapones personalizados con filtros son las siguientes:

- Alto coste.
- El proceso de ajuste al conducto auditivo del usuario debe realizarlo un profesional cualificado.

Existen además variedades de **tapones personalizados** que incluyen un **conducto sintonizado** que hace que posean poca atenuación en bajas frecuencias (hasta los 2.000 Hz) aumentando su atenuación hasta unos 20 dB a altas frecuencias y llegando a 28 dB si se cierra la abertura de ventilación. Estos tapones son útiles para músicos que toquen instrumentos que producen bajas frecuencias que deseen protegerse de los sonidos de altas frecuencias generados por otras secciones, así como vocalistas solistas que necesiten protección frente a su propia voz.

Las **ventajas** de los tapones personalizados con conducto sintonizado son las siguientes:

- Permiten a los músicos que tocan instrumentos que generan bajas frecuencias escuchar su propia interpretación al mismo tiempo que filtran los sonidos de altas frecuencias circundantes.
- Bajo efecto de oclusión.
- Los tapones de los oídos izquierdo y derecho pueden ajustarse de forma independiente para compensar posibles pérdidas de audición en un oído.
- La baja resonancia (500 Hz) mejora la capacidad de los vocalistas para controlar su voz.

Las **desventajas** de los tapones personalizados con conducto sintonizado son las siguientes:

- Alto coste.
- El proceso de ajuste al conducto auditivo del usuario debe realizarlo un profesional cualificado.

Otra variedad de tapones son los **tapones semi-aurales** y los **semi-insertados**. Dichos tapones se encuentran unidos con un arnés.

Los **tapones semi-aurales** suelen tener puntas redondeadas que cubren la entrada del conducto auditivo externo, mientras que los **semi-insertados** tienen puntas cónicas que se introducen en el conducto auditivo externo.

Ambos tipos son adecuados para situaciones en las que la protección auditiva deba ponerse y quitarse frecuentemente, no están diseñados para ser usados de forma continua.

En los casos en que exista exposición a altos niveles de ruido de forma repetitiva y de corta duración, suelen utilizarse orejeras o estos tipos de tapones semi-aurales o semi-insertados, ya que su colocación y retirada son más rápidas y sencillas que los otros tipos de tapones.

Figura 11. Tapones premoldeados¹² personalizados, y seminsertados



7.10.3.- SELECCIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PROTECTOR AUDITIVO

Cuando la calidad del sonido no sea importante, la protección auditiva puede ser tanto sencilla como económica y en los casos en los que el aspecto de la protección auditiva tenga menor importancia existirá una mayor variedad de opciones entre las que escoger.

Todo protector auditivo modifica el proceso de la audición y puede llevar algún tiempo el acostumbrarse. La comunicación con otras personas no debería constituir un problema importante si ha existido un tiempo suficiente para adaptarse al uso de una adecuada protección auditiva. Por ello, el proceso de adaptación se debe organizar adecuadamente, en caso contrario los protectores se dejarán de utilizar y se producirá un riesgo de daño auditivo.

No se debe comenzar a usar un protector auditivo directamente en una actuación en vivo. Una secuencia lógica para la adaptación de un músico a los tapones podría ser la siguiente:

- Utilizarlos en casa y acostumbrarse a hablar llevándolos puestos.
- Usarlos durante las prácticas y ensayos.
- Utilizarlos en las actuaciones.

7.10.4.- FORMACIÓN Y USO EFICAZ

Los protectores auditivos proporcionan una buena protección únicamente cuando se emplean correctamente. Consecuentemente, la formación debe fomentar el uso adecuado de protección auditiva siempre que sea necesaria. Por lo tanto, se debe formar a los usuarios sobre el ajuste y uso correctos de la protección auditiva, incluyendo los siguientes aspectos:

- La razón de proporcionar protectores auditivos, dónde y cuándo deben usarse.
- La necesidad de seguir las instrucciones del fabricante.
- Cómo evitar elementos como gafas, pelo largo, pendientes y joyas, así como cualquier otra protección individual que afecte a la protección auditiva.
- La necesidad de conseguir una adaptación total.
- La importancia de utilizar protección auditiva en todo momento en ambientes ruidosos.
- Limpieza: los protectores auditivos reutilizables se deben limpiar cuidadosamente antes de su uso y ser almacenados en condiciones higiénicas después. Los tapones sólo se deben colocar en el conducto auditivo con las manos limpias. No se deberían usar los tapones desechables que tengan

abierto el envase, después de ser usados o si han superado su fecha de caducidad.

- La prohibición de compartir los tapones y los monitores intra-auditivos.
- Cómo se deben almacenar, cuidar y revisar los protectores auditivos para garantizar que se encuentran limpios y en buen estado.
- Información sobre los daños que pueden sufrir los protectores auditivos y cómo obtener recambios o unos nuevos. La hermeticidad y los casquetes de las orejeras no deben estar dañados ni con una reducida tensión del arnés.

Se debe, además, considerar la implantación de un programa que contemple:

- Incluir la necesidad de utilizar protección auditiva en la política de seguridad y salud.
- Comprobar que existen lugares idóneos para el mantenimiento y almacenaje de los protectores auditivos.
- Designar un responsable que se encargue de la entrega de los protectores auditivos y garantice que los recambios se encuentran rápidamente disponibles.
- Llevar a cabo inspecciones puntuales para comprobar que se respetan las reglas y que la protección auditiva se está utilizando correctamente.
- Garantizar que todos, incluyendo los cargos directivos y los supervisores, dan ejemplo y utilizan protección auditiva todo el tiempo cuando se encuentran en las zonas de protección auditiva.

8.- VIGILANCIA DE LA SALUD⁹

En la protección auditiva, la única manera de comprobar que las medidas preventivas están funcionando es la no observación de pérdida auditiva. Esto se produce o no en los reconocimientos médicos que se realizan a los trabajadores. Estos reconocimientos han de ser periódicos, específicos frente a los riesgos derivados del trabajo, realizarse con el consentimiento informado del trabajador, y no deben ser utilizados con fines discriminatorios ni en perjuicio del trabajador.

Los trabajadores cuya exposición al ruido supere los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción o los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, tienen derecho al control audiométrico preventivo. Su periodicidad será como máximo, cada tres años cuando se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, o cada cinco años cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción.

8.1.- PROTOCOLO SANITARIO ESPECÍFICO. RUIDO.

El protocolo médico consta de varios apartados que son aplicados directamente por el médico al trabajador:

- Historia laboral: Se señala la exposición actual y pasada al ruido, tanto en el ámbito laboral como en el extralaboral.
- Historia clínica: Se señala la exposición anterior a ototóxicos, tabaquismo, consumo de alcohol, enfermedades padecidas con posibles secuelas auditivas (traumatismo craneal, meningitis, rubeola, etc.). Se pregunta al trabajador sobre cómo es su percepción sobre su estado de audición. Una vez conocido todo lo anterior, se pasa a la exploración clínica específica.
- Exploración clínica específica, que consiste en lo siguiente:
 - Realización de una **otoscopia**, para evaluar el estado del conducto auditivo externo y de la membrana timpánica.
 - Realización de una **audiometría** de tonos puros. Esta prueba permite conocer con exactitud el estado auditivo del individuo. Las alteraciones del umbral auditivo detectadas en esta prueba orientarán hacia una patología producida por la exposición al ruido, y deben servir para tomar las medidas de prevención oportunas.

8.2.- AUDIOMETRÍA

La audiometría es la prueba que resulta más determinante para conocer el estado auditivo del trabajador y, en consecuencia, adoptar las medidas pertinentes. A grandes rasgos, los objetivos perseguidos en la audiometría son:

- Evaluar la audición de las personas expuestas al ruido en el momento de su entrada en la empresa o antes de ser trasladadas a un área ruidosa (audiometría de ingreso).
- Detectar precozmente deterioros del umbral auditivo en individuos sometidos a riesgo (audiometría periódica).
- Detectar otras anormalidades diferentes a las producidas por el ruido y que requieren diagnóstico.
- Educar y motivar a los trabajadores con respecto a sus cambios audiométricos, promoviendo la puesta en práctica de medidas preventivas adecuadas.
- Evaluar, a través del análisis de sus resultados, las medidas que se están tomando.

La realización de una audiometría proporciona un **audiograma**, que es comparado con el audiograma de base para determinar si se ha producido una **caída significativa del umbral** de audición. Se considera como caída significativa del umbral la pérdida de 10 dB o más en la media de tres frecuencias, que pueden ser:

- Según la OSHA, 2.000, 3.000 y 4.000 Hz en cualquier oído.
- Según la American Academy of Otolaryngology, 500, 1.000 y 2.000 Hz o en la media de 3.000, 4.000 y 6.000 Hz, indistintamente.

Las audiometrías, además de para evaluar pérdidas significativas en el umbral de audición, son útiles para evaluar otras dolencias como la presbiacusia (deterioro de los umbrales audiométricos con el paso de los años en las personas). La presbiacusia viene condicionada por múltiples factores: La base genética, el envejecimiento, la alimentación, las enfermedades cardiovasculares y por supuesto los ruidos (de origen laboral y no laboral) y los tóxicos pueden influir negativamente sobre los umbrales de audición. A la hora de valorar en un audiograma la afectación causada por el ruido ha de tenerse en cuenta el efecto de la edad.

En función del momento en el que se realiza la prueba audiométrica se establecen distintos tipos de audiometría:

Audiometría previa (de ingreso): Tiene como fin establecer unos valores de base con los cuales comparar las sucesivas audiometrías. Se debe realizar antes de la

primera exposición a ambiente ruidoso, o cuando los trabajadores pasen a un nivel de exposición sensiblemente mayor. Si esto no es posible, se debe hacer lo antes posible debido a la importancia de los períodos de exposición iniciales en la lesión auditiva por ruido. Para la realización de la audiometría previa se ha de respetar inexcusablemente un plazo previo de 14 horas libres de ruido en el trabajo y fuera del trabajo. Las audiometrías previas deben realizarse en cabina insonorizada.

Audiometría periódica: La periodicidad mínima viene referida en el Real Decreto 286/2006 y ha de ser, como mínimo, cada tres años en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción [$L_{Aeq,d} = 85 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 137 \text{ dB(C)}$], o cada cinco años cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción [$L_{Aeq,d} = 80 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 135 \text{ dB(C)}$].

8.2.1.- ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA AUDIOMETRÍA

Habitualmente se utiliza la audiometría de tonos puros por vía aérea, aunque puede completarse con la vía ósea u otros medios de diagnóstico. El test audiométrico debe ser realizado con un aparato que cumpla, como mínimo, las especificaciones de los Audiómetros tipo 1 tal como se especifica en la UNE-EN 60645-1 “Audiómetros, Parte 1: Audiómetros de tonos puros”.

Preparación del sujeto: Como se ha indicado, se realiza una otoscopia previa a la audiometría. En caso de presencia de cerumen, se debe extraer éste y posponer la realización de la audiometría. Tampoco se debe realizar esta prueba en presencia de otitis, eccema del oído externo o infección de vías respiratorias altas.

El período libre de ruido anterior al control audiométrico ha de ser de 14 a 16 horas, por lo que la audiometría ha de ser realizada antes del inicio de la jornada laboral. Si se trata de la audiometría de base, hay que respetar escrupulosamente este plazo.

Se deben retirar todo tipo de estorbos como gafas, pendientes, etc., así como el pelo, para permitir una adecuada adaptación de los auriculares. Es recomendable permanecer en reposo previamente a la audiometría en una sala libre de ruidos durante 15 minutos.

La actitud del sujeto objeto de la audiometría constituye también un factor de error. Hay que explicarle bien el objeto de la prueba y recalcar que debe poner la máxima atención para responder al tono más débil que perciba.

El trabajador se coloca frente al operador, de forma que no pueda ver a éste manipular el aparato. Se debe evitar cualquier distracción para el trabajador, así como movimientos que puedan producir ruidos parásitos.

Audiometría manual: Se debe utilizar la señal en su forma discontinua (pulsed) con duraciones de alrededor de un segundo.

La prueba comienza por el mejor oído en caso de que el sujeto así lo refiera.

Previamente, se debe mostrar al sujeto cómo son los sonidos, presentando una vez cada frecuencia a una intensidad suficiente pero no demasiado fuerte, entre 30-40 dB. Intensidades más altas podrían condicionar que el individuo sólo responda ante estímulos fuertes.

Se debe buscar el umbral para las frecuencias 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 6.000 y 8.000 Hz por ese orden. Luego se vuelve a la frecuencia de 1.000 Hz y si el umbral no difiere en más de 5 dB se pasa a 500 Hz. Si la diferencia es mayor o igual a 10 dB, se comprueban de nuevo los umbrales de todas las frecuencias. Para establecer dichos umbrales se usará preferiblemente el método de *encuadramiento*: Se va elevando la intensidad de 10 en 10 dB hasta que el sujeto perciba el sonido y se disminuye lentamente, de 5 en 5 dB, hasta que deje de oírlo. Entonces se va aumentando y disminuyendo la intensidad de 5 en 5 dB en torno a la primera respuesta dada por el paciente. Así se va ahorquillando el umbral. Si los umbrales ascendente y descendente difieren, se toma la media.

Evaluación de los resultados de la audiometría: Siempre que en la gráfica audiométrica no exista ningún umbral superior a 25 dB, se considera que la audiometría está dentro de la normalidad. Además, cada audiograma se compara con el audiograma de base para determinar si se ha producido una caída significativa del umbral. En tal caso, se volvería a repetir el test en los 30 días siguientes.

Como audiograma de base se toma el que muestre mejores umbrales entre los realizados anteriormente por el trabajador. Si un audiograma periódico muestra mejores umbrales que los existentes, éste pasa a ser el considerado de base.

8.3.- CONDUCTA A SEGUIR

Las acciones posteriores a la detección de una caída significativa del umbral, deben estar establecidas de una manera clara y realista, ya que son el fin último de la monitorización médica. De lo contrario, el programa audiométrico simplemente servirá para ver cómo los trabajadores expuestos al ruido evolucionan hasta la sordera.

9.- EL SECTOR DE LA MÚSICA^{10,11,12}

El sector de la música y el ocio es considerado un caso especial, porque los altos niveles de ruido se consideran inherentes al trabajo; el ruido es el producto del trabajo. En este tipo de actividades las personas suelen considerar el sonido como algo placentero, mostrando una mayor tolerancia a intensidades sonoras elevadas y pudiendo ser menos conscientes de la existencia de un riesgo para la salud

El sonido producido por un martillo neumático trabajando en la calzada [102 dB(A)] es muy molesto. En cambio, al mismo nivel, la música puede percibirse como algo agradable. Desde el punto de vista físico, por lo que respecta al oído, ambos tipos de sonido pueden ser igualmente dañinos, independientemente de su origen, ya que los daños auditivos dependen de la energía sonora y no de la fuente o actividad que la emite.

La mayoría de los instrumentos musicales supera los 100 dB(A) cuando se toca con intensidad y, prácticamente todos, alcanzan fácilmente los 80 dB(A). Los intérpretes y el resto de trabajadores del sector de la música pueden sufrir daños auditivos, de la misma forma que los trabajadores de cualquier otra actividad.

Durante las últimas décadas, el nivel sonoro de las actividades relacionadas con la música ha ido en aumento, y los niveles sonoros de los instrumentos musicales o de las reproducciones de música pueden llegar a ser similares o superiores a los emitidos por las máquinas más ruidosas.

A diferencia de lo que ocurre en otras actividades, en los sectores relacionados con la música y el ocio el sonido constituye una parte esencial de la actividad, por lo que muchas personas consideran que no es posible limitar su intensidad o adoptar otras medidas de prevención o protección sin que ello afecte a la actividad en sí.

El número de personas del sector de la música que sufre problemas derivados del ruido como pérdida de audición, tinnitus y otros trastornos médicos permanentes, demuestra que se trata de un ambiente con riesgo en el que se pueden producir daños auditivos. Se han publicado diferentes trabajos sobre la acción nociva del ruido en los músicos, de los que se puede deducir que los instrumentos de orquestas sinfónicas, orquestas populares, bandas de rock o los auriculares producen niveles de sonido lo suficientemente elevados para causar pérdida auditiva.

Se estima que hasta el 50 % de los músicos presenta algún problema de audición y, de estos, hasta un 17 % experimenta un grado de pérdida que requerirá incluso la adaptación de audífonos. Estos datos no resultan extraños si se tiene en cuenta que la mayoría de estos profesionales están expuestos entre 2, 5 y 8 horas diarias a sonidos entre los 80 y los 100 decibelios (dB), niveles que superan los aceptables para la salud humana.

Además de pérdida auditiva, un 25 % de músicos desarrollan otro tipo de trastornos en el oído, como hiperacusia, una intolerancia a sonidos habituales que se perciben como muy altos e incluso dolorosos, acúfenos, molestos pitidos en los oídos, o la diploacusia, una distorsión de la frecuencia o la altura del sonido percibiendo un mismo tono de forma diferente en cada oído.

Los primeros trabajos sobre el tema datan de 1960, cuando Arnold *et al.*¹³ estudiaron la pérdida de audición en pianistas de 60-80 años. Desde entonces han sido numerosos los trabajos sobre la acción nociva del sonido en los músicos, algunos de ellos controvertidos en sus resultados,¹⁴ siendo en la mayoría de ellos los profesionales de orquestas el objeto del estudio. En general se puede deducir que los instrumentos de orquestas sinfónicas, orquestas populares, bandas de rock o los mismos auriculares producen niveles de sonido lo suficientemente elevados para causar pérdida auditiva

Tanto estudios basados en audiometrías¹⁵⁻¹⁷, como estudios epidemiológicos,^{18,19} permiten detectar problemas de hipoacusia, hiperacusia o acúfenos en profesionales de la música. Morais confirma la existencia de trauma acústico en músicos de la Orquesta Sinfónica de Castilla y León presentando un porcentaje de pérdida auditiva en 4.000 Hz que supera el doble de lo esperado para la edad en el percentil 5 (el 10,8 respecto al 5 %).¹⁶ Hasson, en un estudio epidemiológico sobre 250 músicos de 12 orquestas, por medición de niveles hormonales producidos en situación de estrés, plantea la existencia de una relación entre los problemas auditivos y el estrés a largo plazo, aunque el mecanismo de acción no esté establecido.¹⁹

Las orquestas de rock and roll tienen niveles acústicos superiores a las orquestas sinfónicas y éstas más intensas que las de jazz o blues. Los músicos de las orquestas sinfónicas están sometidos a niveles discontinuos de ruido y por tanto menos nocivos. La intensidad en una orquesta de rock and roll tiende a ser más uniforme pero los niveles pueden alcanzar los 120 dB. Se estima que un 52% de los músicos de una orquesta sinfónica y un 30% de los músicos de una orquesta de rock and roll tienen alguna pérdida auditiva.

9.1.- DIFICULTADES AL ESTIMAR LA EXPOSICIÓN ^{10,12}

La peligrosidad del ruido depende del nivel de ruido y del tiempo de exposición. Así, disminuyendo el tiempo de exposición se disminuye también la peligrosidad de la misma. Se considera que una exposición a un nivel de ruido de 80 dB(A) durante 8 horas de exposición diaria es el umbral de riesgo para la pérdida de audición. Este umbral se alcanza igualmente en sólo tres minutos cuando el nivel es de 102 dB(A), teniendo la misma capacidad de dañar el oído.

Es bastante difícil estimar el número de horas en que los músicos están expuestos al ruido derivado de su actividad profesional, incluyendo tanto actuaciones como ensayos, porque ese tiempo depende de varios factores:

- El tipo de trabajo: Enseñanza, actuación, etc.
- La pieza de música: El tiempo de ensayo necesario dependerá de la dificultad de ésta.
- Frecuencia y duración de las pausas realizadas durante la interpretación o los ensayos.

Además, al tiempo de exposición durante la jornada laboral hay que añadir las horas de ensayo en casa, con otras orquestas o grupos, impartiendo clases, etc. Cada momento es diferente, y cada local y sus condiciones acústicas también lo son. Todo esto hace que la valoración de niveles diarios equivalentes se haga especialmente difícil. Esta estimación es especialmente complicada en el caso de los músicos que trabajan como autónomos, ya que su carga de trabajo suele ser más impredecible que la de los trabajadores asalariados.

Es necesario que todas las personas que trabajen en eventos musicales y estén expuestos al ruido sean conscientes del daño que éste provoca a su salud. Entre las medidas que obligatoriamente debe aplicar el empresario, destaca la información que se facilite a los trabajadores.

9.2.- DIFICULTADES PARA IMPLANTAR MEDIDAS CORRECTORAS^{5,10,11,12,20}

Se ha creado una “cultura de resignación” que consiste en asumir como inevitables los efectos perjudiciales del ruido, sin poner un interés real y eficaz en prevenirlos. El resultado es que continúan observándose casos de pérdida de capacidad auditiva inducida por ruido entre la población trabajadora en una proporción que no parece acorde con lo esperable teniendo en cuenta los conocimientos y tecnologías disponibles en la actualidad.

Los diseñadores, fabricantes y comercializadores de maquinaria o equipos de trabajo están obligados a producir bienes que no impliquen un riesgo para la salud de los trabajadores y, si no son capaces de hacerlo, su responsabilidad es notificar a los usuarios la existencia de los riesgos y suministrar la información necesaria para que conozcan el peligro y puedan adoptar las medidas de prevención correctas.

Tradicionalmente, la introducción de medidas preventivas contra el ruido en el sector de la música ha sido muy limitada por varios motivos: La necesidad de satisfacer a una parte significativa de las personas que asisten a este tipo de actividades y que reclaman niveles sonoros elevados, la falta de percepción de riesgo auditivo que supone este tipo de exposición, las reticencias de los trabajadores de estos sectores al uso de protección auditiva o las limitaciones prácticas a la hora de aislar a esos trabajadores.

La existencia de altos niveles de ruido en discotecas, bares musicales, salas de conciertos, conciertos al aire libre, escuelas de música, etc. implica la exposición de gran número de profesionales de distinta índole, incluyendo profesores, camareros, vigilantes de seguridad, ingenieros de sonido, músicos, etc. Las peculiaridades y diferencias entre estos trabajos y el hecho de que los altos niveles de ruido sean considerados como normales hacen que aparentemente sea complicado aplicar los

principios preventivos que la normativa establece. El objetivo del Código de Conducta es orientar a los profesionales de estos sectores donde el riesgo de pérdida de audición puede ser elevado, debido a lo que constituye la esencia de su trabajo, la música.

Frecuentemente se cree inevitable, o incluso necesario, que existan elevados niveles sonoros en lugares como los citados, pero el nivel de ruido se puede reducir. Esta reducción a menudo sólo depende de la voluntad de las personas que intervienen en el evento, y su efecto puede ser notable. Una disminución de sólo 3 decibelios supone reducir la dosis de ruido recibida en un 50%, sin que ello implique necesariamente reducir la calidad en la percepción.

En el mundo de la música existen tópicos que bloquean y dificultan la incorporación al trabajo de los conceptos de prevención de riesgos, como la idea de que la música debe sonar muy fuerte porque así lo desea el público, o la creencia de que un músico no puede trabajar con protectores auditivos. El oído de estos profesionales es vital para el ejercicio de su carrera profesional y debe ser protegido. A menudo las personas que sufren los mayores daños auditivos son precisamente las encargadas de controlar el volumen de sonido a que están expuestos el resto de trabajadores, por lo que los niveles pueden acabar siendo mayores de lo deseado.

La pérdida de audición puede conducir al aislamiento social, a una menor productividad del trabajador y baja moral, y a un incremento de los accidentes laborales. Especialmente en el caso de los músicos, la pérdida de audición puede provocar dificultades de interpretación musical y comprensión del habla durante los ensayos.

Se suelen utilizar las siguientes excusas para no utilizar protectores auditivos por parte de los músicos:

- Entorpecen la propia interpretación.
- Hacen que sea difícil oír a otros tocar.
- Sensación desagradable de los protectores auditivos.
- No es fácil que se adapten bien al oído.
- La pérdida de audición existente hace que sea difícil usarlos.
- Problemas de comunicación en los ensayos.
- Creencia de que la música no puede dañar la audición.

Ya se ha comentado que una de las características en el sector de la música es la concurrencia de empresas y que las figuras de *empresario titular*, *empresario principal*, *empresa concurrente*, *contrata* o *trabajador autónomo* han de estar bien identificados, con el objeto de determinar qué obligaciones corresponden a cada uno de ellos en cada caso concreto. No existen dos situaciones iguales en el caso de las actividades relacionadas con la música.

Una misma actuación puede requerir una gestión diferente dependiendo del lugar donde se lleve a cabo ya que, si cambia el recinto del espectáculo, cambiarán también el empresario titular y el principal.

Los contratos deberán adaptarse a cada situación particular y especificar claramente cuál es el papel de los diferentes profesionales a la hora de conseguir medidas eficaces de control del ruido y cuál es el alcance de sus obligaciones. La responsabilidad de conseguir un entorno de trabajo saludable y seguro recae sobre el empresario principal o contratista.

10.- CASO PRÁCTICO

Se ha llevado a cabo un estudio preliminar de la exposición al ruido en una orquesta compuesta por 7 miembros:

- 3 vocalistas
- 1 guitarrista
- 1 bajista
- 1 teclista
- 1 baterista

Esta orquesta se dedica a la interpretación de música amplificada en directo. La mayor parte de estas actuaciones se realizan al aire libre, aunque también se han producido algunas en interiores, casos éstos en los que los componentes dicen que han sido especialmente molestas para sus oídos.

La organización de la orquesta es la siguiente: Existe un único propietario, el teclista, del equipo de sonido e instrumentos musicales, es decir, de los equipos de trabajo facilitados a los músicos. Se observa una pérdida de capacidad auditiva considerable en este empresario, sobre todo en el oído derecho, que, como declara él mismo, afecta a su comprensión de las conversaciones a niveles normales en situaciones de ruido ambiental.

Este empresario realiza contratos de una jornada de duración los días en que se realizan las actuaciones en directo al resto de músicos. Los ensayos grupales no son remunerados, por lo que no queda constancia contractual de su realización, ni del tiempo de exposición al ruido al que están sometidos los trabajadores. Ninguno de ellos ha recibido ninguna información referente a los daños que pueden sufrir debidos al ruido, no se les ha proporcionado ningún tipo de protector auditivo ni se les ha realizado nunca ninguna prueba audiométrica en relación con esta actividad.

Para oírse cada uno a sí mismo y a los demás músicos dentro del escenario durante las actuaciones, cada intérprete dispone de un monitor colocado en el suelo cerca de su posición, excepto el baterista, que dispone de uno colocado a la altura de su cabeza sostenido con un trípode. Esta es la fuente de ruido más importante a la que están expuestos los músicos durante las actuaciones.

La duración de las actuaciones es variable, pudiendo repartirse en dos sesiones diferentes (tarde y noche), pero un número de horas medio por actuación sería de 5 horas, con un descanso de 30 minutos. La duración de los ensayos también es variable. Para este estudio se considera que tienen una duración de 5 horas con un descanso intermedio de 35 minutos.

Los ensayos se realizan una vez por semana durante los meses de enero a mayo. Las actuaciones se reparten "aleatoriamente" a lo largo de la temporada, pudiendo encontrar algunas semanas en las que no se realiza ninguna y otras en las

que se realizan hasta cinco. Para este estudio se ha considerado un reparto uniforme de ensayos y actuaciones a lo largo del tiempo, resultando que a lo largo de una semana se realizan dos actuaciones en directo y un ensayo grupal.

Se ha realizado una medición de los niveles de ruido durante un ensayo grupal de cinco horas de duración, con un descanso intermedio de 35 minutos. Durante este ensayo se han interpretado piezas de duración variable, de entre un minuto y medio y siete minutos de duración.

Los registros de la presión sonora se realizaron con un sonómetro CESVA, modelo SC-15c (Figura 14).

Funciones disponibles del sonómetro:

- Peak: Es el valor máximo. Muestra el valor máximo en decibelios C.
- Fast (L_p): Es el valor eficaz en decibelios A, con promediado exponencial rápido de 125 ms.
- Slow (L_s): Es el valor eficaz en decibelios A, con promediado exponencial lento de 1 s.
- L_{eq} : Nivel sonoro equivalente en el promediado lineal de la presión acústica durante todo el tiempo que dura el proceso, en decibelios A.
- Reloj: Mide el tiempo que dura el proceso.
- L_{10} , L_{50} , y L_{90} : Indican el nivel sonoro en dB por debajo del 10, del 50 y del 90% de los niveles más altos.

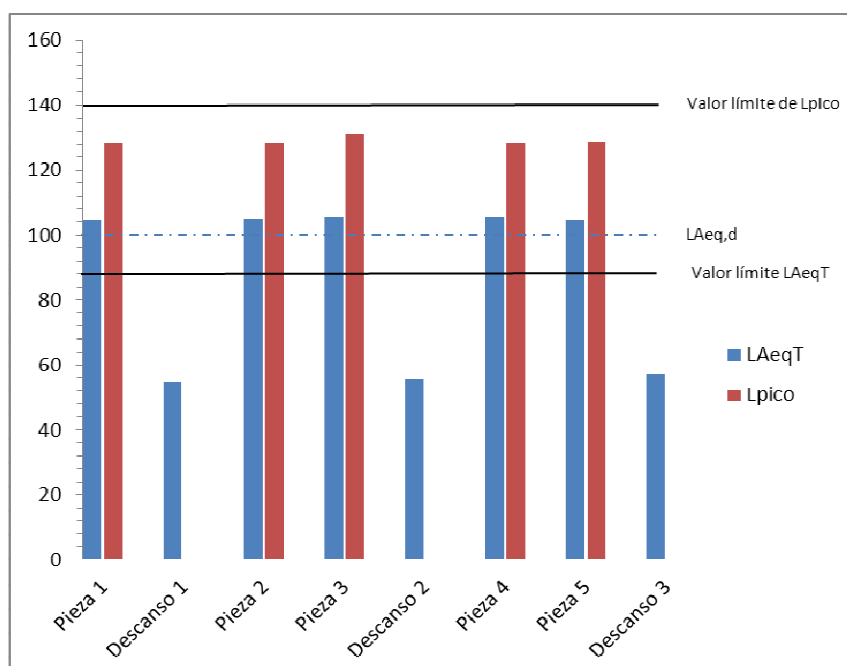
Figura 14. Anverso y reverso del sonómetro utilizado en la medición.



Durante los registros el sonómetro se colocó en el centro del local de ensayo, junto a la posición del guitarrista, y a 1,5m del suelo, sobre un atril.

10.1.- RESULTADOS DE LA MEDICION

Pieza musical	Duración (min:seg)	Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A LAeq.T (dBA)	Nivel de pico Lpico (dBC)	L10 (dBA)	L50 (dBA)	L90 (dBA)
PIEZA 1	4:04	104,6	128,5	107	104	100,8
DESCANSO 1	2:37	54,6				
PIEZA 2	2:56	104,9	128,4	107,3	104,4	99,7
PIEZA 3	1:47	105,6	131	108,3	104,9	100,2
DESCANSO 2	4:02	55,6				
PIEZA 4	2:59	105,7	128,5	107,9	105,2	102,7
PIEZA 5	3:04	104,6	128,9	107	104,1	100,6
DESCANSO 3	3:29	57,4				



Para el cálculo del nivel equivalente diario, se consideran la interpretación de las piezas musicales como una operación y los descansos como otra. Se halla la media del tiempo que duran las piezas musicales (2m 58s) y la de los descansos (3m 23s). La duración media de un ciclo *pieza-descanso* sería de 6m 20s. Por lo que en un ensayo de cinco horas de duración menos los treinta y cinco minutos de descanso intermedios (4h 25m) se realizan 41,8 ciclos.

De esta manera se sabe que durante el ensayo se interpretan temas durante 123m 59s (2,06 horas) y se descansa durante 141m 17s, que sumado al descanso intermedio de 35 minutos da un tiempo total de descanso de 176m 17s (2,94 horas).

Duración media pieza musical	2:58
Duración media descanso	3:23
Suma	6:20
Tiempo total interpretando	123:59
Tiempo total descansando	176:17

La suma entre el valor del tiempo total interpretando y descansando (123m 59s + 176m 17s) da 300m 16s que son, casi con exactitud, las 5 horas totales del ensayo.

Se halla el valor del nivel equivalente de presión sonora para cada operación mediante la expresión (6):

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^{n=N} 10^{L_{Aeq,T,m,n}/10} \right] \text{ dB(A)}$$

Donde $L_{Aeq,T,m}$ es el nivel equivalente durante la operación m , $L_{Aeq,T,m,n}$ es el resultado de cada una de las mediciones de dicha operación y N es el número de mediciones.

$$L_{Aeq,T,interpretación} = 10 \log [1/5 \cdot (10^{0,1 \cdot 104,6} + 10^{0,1 \cdot 104,9} + 10^{0,1 \cdot 105,6} + 10^{0,1 \cdot 105,7} + 10^{0,1 \cdot 104,6})] = 105,1 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeq,T,descanso} = 10 \log [1/3 \cdot (10^{0,1 \cdot 54,6} + 10^{0,1 \cdot 55,6} + 10^{0,1 \cdot 57,4})] = 56 \text{ dB(A)}$$

La contribución al nivel equivalente diario de cada operación es, según la expresión (7):

$$L_{Aeq,d,m} = 10 \log \left[\frac{T_m}{8} 10^{L_{Aeq,T,m}/10} \right] \text{ dB(A)}$$

Donde $L_{Aeq,T,m}$ es el nivel equivalente durante la operación m , y T_m es el valor medio de la duración de dicha operación.

$$L_{Aeq,d,interpretación} = 105,1 + 10 \log (2,06/8) = 99,2 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeq,d,descanso} = 56 + 10 \log (2,94/8) = 51,6 \text{ dB(A)}$$

El nivel de exposición diaria equivalente de la jornada se obtiene de la expresión (5):

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M 10^{L_{Aeq,d,m}/10} \right] \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeq,d} = 10 \log [(10^{0,1 \cdot 99,2} + 10^{0,1 \cdot 51,6})] = 99,2 \text{ dB(A)}$$

En este caso, la jornada laboral es de tres días por semana, de manera que es conveniente tomar como valor de referencia el período semanal. En estos casos se obtiene el nivel de exposición semanal equivalente, $L_{Aeq,s}$, que está dado por la ecuación (4):

$$L_{Aeq,s} = 10 \log \frac{1}{5} \sum_{i=1}^m 10^{L_{Aeq,di}/10}$$

Donde m es el número de días a la semana en que el trabajador está expuesto al ruido y $L_{Aeq,di}$ es el nivel de exposición diario equivalente correspondiente al día "i".

Se considera que los niveles de ruido durante las actuaciones son similares a los de los ensayos, y como la duración también es similar el nivel diario equivalente en los tres días es el mismo. Por lo tanto:

$$L_{Aeq,s} = 10 \log [1/5 \cdot (10^{0,1 \cdot 99,2} + 10^{0,1 \cdot 99,2} + 10^{0,1 \cdot 99,2})] = 97 \text{ dB(A)}$$

10.2.- VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS

Como se ha expuesto anteriormente, los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles pico, están fijados por el Real Decreto 286/2006 en:

- Valores límite de exposición: $L_{Aeq,d} = 87 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 140 \text{ dB(C)}$

- Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 85 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 137 \text{ dB(C)}$
- Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 80 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 135 \text{ dB(C)}$

Puede comprobarse que el valor límite referido al nivel de exposición diario equivalente $L_{Aeq,d}$ es superado ampliamente (97 dBA). No así el valor inferior de exposición que da lugar a una acción del nivel de pico L_{pico} .

De acuerdo con el RD 286/2006, para evaluar si el valor límite ha sido o no superado, se tendrá en cuenta el efecto de la utilización de las protecciones individuales que en tales circunstancias es obligatorio emplear. Sin embargo, ya se ha comentado que en este caso concreto no se utilizó ningún tipo de protección.

Según el artículo 8 del Real Decreto 286/2006, si se comprobaran exposiciones por encima de los valores límite de exposición, el empresario deberá:

- a) Tomar inmediatamente medidas para reducir la exposición por debajo de los valores límite de exposición.
- b) Determinar las razones de la sobreexposición.
- c) Corregir las medidas de prevención y protección, a fin de evitar que vuelva a producirse una reincidencia.
- d) Informar a los delegados de prevención de tales circunstancias.

10.3.- MEDIDAS PREVENTIVAS PROPUESTAS

Se establecerán en este capítulo las posibles medidas preventivas aplicables al caso práctico analizado. Aunque el ruido producido en una actuación en directo puede implicar a más trabajadores, las medidas y recomendaciones propuestas están dirigidas a los músicos durante la interpretación.

- **Gradas:** En el caso estudiado, esta medida sería aplicable a la batería, ya que es el único instrumento que produce ruido directamente, sin tener que pasar por el sistema de amplificación. Actualmente la orquesta estudiada dispone de una tarima de 45 cm de altura, concebida para elevar la posición del músico y aumentar su visibilidad desde el público, no para proteger al resto de intérpretes.

- **Pantallas acústicas:** En ambientes con música amplificada donde los intérpretes utilizan monitores, como es el caso, la colocación estratégica de pantallas absorbentes apropiadas puede aportar una protección significativa. En el caso objeto de estudio, esta medida podría aplicarse de nuevo preferentemente sobre la batería tanto para evitar que su ruido afecte al resto de músicos como para evitar que al intérprete no le llegue el ruido procedente de los monitores de los cantantes, el guitarrista o el teclista. De la misma manera podría utilizarla el resto de intérpretes de la orquesta.

- **Medidas de control en el escenario:** Todas estas medidas podrían ser aplicables al caso estudiado, pero algunas de ellas están condicionadas por el

espacio disponible sobre el escenario, como la elección de la ubicación y ángulo de los amplificadores, aumento de las distancias, apantallamientos, tarimas y configuración de la batería.

- **Uso de protectores auditivos:** Deberían ser utilizados, a falta de otras medidas para disminuir la exposición.

11.- CONCLUSIONES

1.- Durante el desarrollo de este Trabajo Fin de Máster se ha recopilado información y normativa relativa al ruido como factor de riesgo laboral en los siguientes aspectos:

- Lesiones que una exposición a niveles de ruido elevados puede producir.
- Métodos de evaluación de la exposición al ruido de los trabajadores.
- Medidas preventivas y protocolos de vigilancia específica de la salud sobre trabajadores expuestos a altos niveles de ruido.

2.- Se han puesto de manifiesto las peculiaridades del sector de la música. Se concluye que en general

- Las intensidades que los músicos soportan se encuentran por encima de lo que la ley establece como riesgo para la audición,
- La música clásica produce un traumatismo acústico que se debería reconocer como enfermedad profesional.
- Los músicos no reciben una educación preventiva para la conservación de su herramienta principal de trabajo, su propio oído.
- No se utilizan las protecciones adecuadas.

3.- Se ha elaborado una metodología simple para evaluar la dosis diaria de exposición a ruido en los músicos de una orquesta de música popular.

Del análisis de las mediciones efectuadas en terreno, se concluye que.

- El nivel de exposición diaria equivalente ponderado A supera ampliamente el nivel límite establecido en el Real Decreto 286/2006.
- Este valor y todas las posibles medidas correctoras son ignoradas por trabajadores y empresario.
- La prevención de los daños auditivos resultantes de la exposición al ruido es inexistente en el caso estudiado.
- Se establecen las medidas de prevención oportunas.

12.- BIBLIOGRAFÍA

1. MERINO DE LA FUENTE, JESÚS MARIANO. *Las vibraciones de la música*. Club universitario. Alicante. 2006.
2. SEARS, FRANCIS W. y ZEMANSKY, MARK W.. *Física general*. Aguilar. Madrid. 1955.
3. TIPPLER, PAUL A. *Física**. Reverté. Barcelona. 1994.
4. SINTES OLIVES, FRANCISCO F. *Física general aplicada*. Ramón Sopena. Barcelona. 1955.
5. BERNAL DOMÍNGUEZ, FÉLIX. *Higiene industrial*. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Madrid. 2005.
6. FALAGÁN ROJO, MANUEL JESÚS. *Higiene industrial aplicada "Ampliada"*. Fundación Luis Fernández Velasco. Oviedo. 2005.
7. PARMEGGIANI, LUIGI. *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. Centro de publicaciones, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Madrid. 1989.
8. GUYTON, ARTHUR C. *Fisiología humana*. Nueva editorial Interamericana. México D.F.1975.
9. UÑA GOROSPE, MIGUEL ANGEL. *Protocolos de vigilancia sanitaria específica. Ruido*. Ministerio de sanidad y consumo. Madrid. 2000.
10. VEGA GIMÉNEZ, CRISTINA. *Ruido en los sectores de la música y el ocio - NTP 865*. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo.
11. INSTITUTO NAVARRO DE SALUD LABORAL. *Disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores relativas a la exposición al ruido*. Gobierno de Navarra. Edición PDF para internet. 2008.
12. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. *Código de conducta con orientaciones prácticas para el cumplimiento del Real Decreto 286/2006 en los sectores de la música y el ocio*. Ministerio de trabajo e inmigración. 2011.
13. ARNOLD G.: Pure-tone thresholds of professional pianists. *Arch Otolaryngol.*, 71: 938-47, 1960.
14. OBELING L. :Hearing ability in Danish symphony orchestra musicians. *Noise Health.*, 2, 43-49, 1999.
15. LAITINEN H.: Sound Exposure Among the Finnish National Opera Personnel *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 18(3): 177–182, 2003.
16. MORAIS, D.: Traumatismo acústico en los músicos de música clásica *Acta Otorrinolaringol Esp.*; 58(9); 401-7, 2007
17. BEHAR, A.: Noise Exposure of Music Teachers *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 1: 243-247, 2004,

18. O'BRIEN, I.: Hearing Conservation and Noise Management Practices in Professional Orchestras, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2012, 9, 602-608
19. . HASSON, D.: Psychosocial and physiological correlates of self-reported hearing problems in male and female musicians in symphony orchestras. *International Journal of Psychophysiology* 74, 93–100, 2009.
20. INSTITUTO FINLANDÉS DE SALUD LABORAL. Efectos del ruido en los intérpretes de música clásica. En: Magazine [Revista de la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo]. Oficina de publicaciones. Bilbao. 2005.